This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Library
of the
University of Wisconsin

LES

GAZOGÈNES

LES

GAZOGÈNES

PAR

JULES DESCHAMPS

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

INGÉNIEUR-CONSEIL

EN MATIÈRE DE GAZOGÈNES ET DE MOTEURS A GAZ

PARIS (VIe)

Ve CH. DUNOD, ÉDITEUR

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

—

1902

7 1865
JUL 13 1903
K
D 45
G
69664 51

LES GAZOGÈNES

CHAPITRE I

LA DÉFINITION, L'UTILITÉ ET LA VARIÉTÉ DES GAZOGÈNES

On peut définir gazogène tout appareil permettant de transformer un combustible, solide ou liquide, en combustible gazeux, sans emprunt d'énergie à une source extérieure.

Cette définition ne comprend pas les carburateurs, ni les vaporisateurs, où la distillation, où le mélange de vapeurs à à l'air, ne peut se faire qu'avec un apport de chaleur.

Il y a bien, dans ces appareils, transformation d'un combustible liquide en combustible gazeux, mais l'opération se fait différemment dans un gazogène, où l'énergie nécessaire aux transformations chimiques et physiques, qui constituent la gazéification, est empruntée au combustible même, qui doit être transformé.

Au contraire, dans un carburateur, l'évaporation du combustible liquide refroidit la masse et cesserait, si la température n'était pas maintenue au même degré, soit avec la chaleur perdue des gaz brûlés, soit simplement par l'influence de la température ambiante. C'est une source extérieure qui fournit, en ce cas, l'énergie nécessaire au changement d'état.

Les appareils qui fabriquent l'acétylène ne sont pas des gazogènes, d'après la définition que j'ai adoptée, puisque le carbure de calcium n'est pas un combustible. Il y a cependant

une très grande analogie entre les gazogènes et les générateurs d'acétylène. Dans ceux-ci, l'eau joue le rôle que l'air et la vapeur d'eau jouent dans les gazogènes.

Dans la définition, j'ai prévu le cas de combustibles liquides. Actuellement je ne connais pas de gazogène où l'on fasse emploi des combustibles liquides, au moins sans mélange avec les combustibles solides, mais les définitions doivent prévoir toutes les solutions possibles et l'emploi du combustible liquide n'est pas absurde. Il me semble même probable que l'emploi des gazogènes pour les combustibles liquides, comme le pétrole et les huiles lourdes, serait, en beaucoup de cas, préférable à l'emploi direct du liquide, ou à celui des carburateurs et des vaporisateurs.

La définition même des gazogènes détermine leur emploi principal.

Ils seront recherchés partout où l'emploi d'un combustible gazeux sera plus avantageux que celui d'un combustible liquide ou solide et lorsque ce bénéfice sera supérieur au déchet du gazogène.

Le combustible gazeux peut se transporter facilement dans une conduite d'un point à un autre. C'est pourquoi son emploi permet de centraliser, au gazogène même, tout le souci de l'alimentation des appareils de chauffage, d'éclairage et des moteurs qu'il dessert.

Pour l'éclairage, où la quantité de combustible brûlé dans l'appareil est toujours très faible, l'emploi d'un combustible gazeux s'est imposé depuis longtemps.

Pour le chauffage, l'emploi d'un combustible gazeux est plus facile que celui d'un combustible solide, mais le chauffage au gaz subit une concurrence très importante. Quand les températures à obtenir ne sont pas très élevées, il semble plus avantageux d'éviter le transport de combustible grâce aux procédés qui permettent d'envoyer de la chaleur d'un point à un autre par le transport d'air chaud, de vapeur, ou d'eau chaude, sans avoir besoin de créer plusieurs foyers distincts.

Au contraire, quand l'on recherche des températures très élevées, il faut que la combustion se fasse là même où l'on veut que ces températures soient obtenues, tout transport causant un déchet qui abaisse beaucoup la température. Il en résulte une difficulté que souvent l'usage des gaz seul permet de vaincre. On imaginerait difficilement, en particulier, dans un four, comment l'on pourrait mettre un combustible solide au contact immédiat des produits à échauffer, tandis que l'on imagine très facilement que le gaz, d'une part, et l'air comburant viennent se réunir sur le corps à échauffer, étant tenus séparés jusque-là.

C'est ainsi que l'on a pu obtenir les températures les plus élevées par l'emploi du chalumeau et que les fours à gaz à récupération sont ceux qui permettent d'atteindre les plus hautes températures.

On conçoit, d'autre part, que l'état fluide des gaz leur permet d'envelopper la surface à chauffer et de lui donner une température beaucoup plus égale, en ses différents points, que ne pourrait le faire un combustible solide, ou liquide. Même pour les fours à distiller la houille, on évite le contact de la cornue avec le foyer, et les fours Siémens avec gazogènes sont de plus en plus recherchés.

C'est d'ailleurs, même dans l'emploi direct du combustible solide dans les chaudières, par les contacts des gaz brûlés que l'eau est vaporisée, et non par le contact direct du charbon incandescent.

On a cherché, à différentes reprises, à chauffer au gaz les chaudières. Il semble, d'abord, qu'en général il n'y ait pas intérêt à le faire. Il y a un cas, cependant, où le bénéfice est évident. C'est lorsque, dans une usine, il y a des générateurs de gaz combustible installés et que la chaudière est de faible importance. La consommation du gaz peut être plus onéreuse, mais l'économie d'un chauffeur plus importante. Sinon, les avantages du chauffage au gaz, pour les chaudières, semblent des plus restreints.

Dans un foyer de chaudière, en effet, l'air arrive sous la

grille en quantité insuffisante pour la combustion totale et un courant d'air secondaire vient rencontrer les gaz du foyer, auprès des bouilleurs, de sorte que la combustion ne se fait que partiellement, sur la grille et se termine, dans les tubes de fumées, ou autour des tubes d'eau, et quelquefois, dans la cheminée, de sorte que l'on peut considérer ce foyer comme étant un gazogène et présentant tous les avantages du gazogène. En conséquence, il serait fâcheux d'avoir déjà éprouvé des déchets dans la fabrication du gaz de gazogène, notamment d'avoir refroidi ces gaz, pour subir encore les déchets inhérents à la chaudière même.

Toutefois, cet avis ne saurait être formel et de très sérieux avantages peuvent se présenter, pour balancer ces inconvénients et faire préférer, dans d'assez nombreux cas, le chauffage au gazogène.

D'abord, au point de vue économique, malgré les pertes de chaleur nécessairement subies dans la gazéification, il peut arriver qu'à égalité de calories, le gaz revienne meilleur marché que le charbon.

Ceci peut se présenter lorsque l'on peut recueillir des goudrons, de l'ammoniaque, qui se vendent un prix fort élevé, et le gazogène Mond en est un frappant exemple, puisque ses sous-produits payent à peu près le combustible, ce qui permet au gaz de n'avoir qu'une valeur très réduite.

C'est le cas qui se présente encore dans les fours à coke et dans les hauts fourneaux.

Même, en dehors des cas que je viens de citer et où l'avantage est absolument certain, on peut se demander, si le chauffage des chaudières au gaz ne présente pas d'autres bénéfices suffisants pour le rendre préférable. Ce sont de petits avantages, mais qui peuvent peut-être compenser l'inconvénient inhérent à ce gazogène et, là, où les chaufferies sont une source de grands ennuis, comme, en particulier, dans la marine, peuvent faire prévaloir d'une façon très nette le chauffage au gaz.

Je citerai, par exemple, la dépense de l'air secondaire.

Il est certain que, dans une rampe de becs de gaz formant

chalumeaux, on peut envoyer une proportion convenable d'air et de gaz, de façon que la combustion soit complète avec un excédent d'air ne dépassant pas, tout au plus, 8 0/0, ce qui fait 1 à 2 0/0 d'oxygène.

Pour obtenir ce résultat, il faut avoir soin de produire du gaz de composition à peu près constante, mais c'est bien plus facile que d'avoir, sur la grille d'une chaudière, une combustion semblable.

On peut, en effet, employer, non un gazogène, mais une série de gazogènes. On atténue ainsi les variations qui peuvent se produire dans l'un, en mélangeant les gaz de plusieurs appareils.

D'autre part, si l'alimentation des gazogènes est bien réglée, par une colonne élevée de combustible, comme nous le verrons dans beaucoup de gazogènes chargés avec des cônes renversés, on peut éviter l'influence des variations dues au chargement.

Enfin, les décrassages peuvent se faire toutes les vingt-quatre heures et n'amener de perturbation que pendant un temps très court.

Au contraire, dans les meilleures chaudières, il faut compter envoyer un excès d'air deux fois supérieur et, malgré cela, les gaz brûlés emmènent encore fréquemment des gaz combustibles. Il y a là deux sortes de déchets produits par le chauffage inutile de l'air, ou la fabrication de gaz qui ne brûlent pas.

Il est certain, en outre, que le mélange d'air et de gaz est plus intime et que l'on est plus certain d'envoyer la flamme là où il convient, et, ainsi, d'éviter très certainement les coups de feu, tout en étant bien plus maître de régler l'intensité du foyer et de la faire varier, au besoin, beaucoup plus rapidement. Avec les gazogènes construits en conséquence et munis d'appareils d'épuration convenables, il semble que l'on est beaucoup plus capable de modifier, suivant les convenances, la qualité du charbon employé. Tandis que, sur des grilles de chaudières, c'est une opération particulièrement difficile et onéreuse pour le rendement, la disposition des chaudières

n'étant calculée que pour une qualité déterminée de combustible.

Enfin, dans les chaudières, l'eau du cendrier traverse, le plus souvent, la couche mince de combustible, sans se décomposer totalement. c'est là un déchet nécessaire pour le refroidissement de la grille que ne comporterait pas le chauffage avec les gaz.

Il semble, en résumé, que, si les gazogènes doivent occasionner probablement une plus grande perte aux parois et donner peut-être plus d'encombrement, en revanche, ils offrent une bien plus grande souplesse pour la production de la vapeur.

Il y a une limite vite atteinte dans la variation du tirage dans la grille de chaudière, où le charbon est en couche mince, tandis que, dans un gazogène, où celle-ci peut atteindre jusqu'à 6 mètres, l'air reste un temps suffisant au contact du charbon pour qu'il soit transformé.

Enfin, ce qui occasionnera la transformation de beaucoup de chaudières et fera prévaloir leur chauffage au gaz, c'est qu'au gazogène on peut, en général, employer des combustibles bien inférieurs et beaucoup meilleur marché qu'aux chaudières et que le foyer ne donne ainsi aucune fumée.

L'un des avantages qui résultent de l'emploi des gaz comme combustibles est encore que ceux-ci se consument sans résidu. Cela leur procure encore, sur les combustibles solides et liquides, un bénéfice certain et permet aussi une plus grande facilité d'emploi.

Facilité de transport, combustion sans dépôt de cendres, ce sont là deux grands avantages sur les combustibles solides, qui justifient les frais de transformation, qui, d'ailleurs, ne doivent jamais être très onéreux.

Aussi, le premier et le principal emploi des gazogènes est l'alimentation des appareils de chauffage et d'éclairage.

Un autre emploi est plus récent.

Pour obtenir de la force motrice, c'est-à-dire pour transfor-

mer, en travail actuel, l'énergie chimique qui se trouve à l'état potentiel dans un combustible, on utilise généralement la dilatation des corps sous l'influence de la chaleur; autrement dit, l'on fait brûler le combustible, ce qui rend disponible une chaleur latente qui échauffe alors un corps choisi, dont le travail externe est recueilli dans une machine réceptrice, qui constitue le moteur.

Il est facile de voir, sans théorie mathématique, que toute la chaleur consommée ne peut être employée utilement.

Si, en effet, le moteur est actionné par la dilatation d'un corps et que celui-ci soit abandonné lorsqu'il est dilaté, il n'est pas alors dans son état normal, contient évidemment plus d'énergie qu'auparavant, et cet excédent est un déchet certain. C'est le cas de la machine à vapeur sans condensation, ou des moteurs à gaz.

Si, au contraire, on veut utiliser le retrait du corps précédemment dilaté, on ne peut le produire qu'en retirant de la chaleur à ce corps, par une source extérieure. C'est alors celle-ci qui est échauffée sans emploi utile. Le déchet est réduit, mais non sans limite, puisque l'échange de chaleur pourrait, au mieux, se faire à température constante.

On ne peut, en effet, abandonner le corps qu'à une température et une pression égales ou supérieures aux températures et pressions du milieu ambiant.

Ce serait une erreur de croire que, dans la machine à vapeur à condensation, on abandonne le fluide à une pression inférieure. On obtient cette pression temporairement dans la vapeur, mais une pompe, qui travaille aux dépens du moteur, recomprime l'eau et la rejette, à une pression égale ou supérieure à la pression atmosphérique.

La transformation de la chaleur en travail s'effectue donc, dans une proportion d'autant plus limitée que la température du milieu ambiant est plus élevée.

C'est cette simple vérité qui constitue le principe de Carnot qui, exposé sous forme abstraite, semble souvent obscur. Elle montre qu'il n'y a pas de transformation possible, de chaleur

en travail, sans déchet et même que ce déchet est au moins égal à une quantité déterminée d'avance.

Le choix du corps, dont la dilatation sera ainsi employée, détermine le type du moteur.

Il semble évident qu'il sera préférable que ce corps soit un fluide élastique, vapeur ou gaz. En effet, la dilatation des solides est difficile à recueillir, ceux-ci se déformant sous les fortes pressions, et celle des liquides et des solides présente cet inconvénient qu'elle produit des différences de volume très petites et des différences de pression très considérables, par rapport aux volumes et aux pressions correspondant aux conditions normales.

Sans nécessité absolue, et sauf des cas spéciaux, un fluide gazeux semble donc mieux convenir.

Les combustibles habituels donnent, en brûlant, des produits gazeux qui, nécessairement, possèdent, d'abord, la chaleur latente et toute la chaleur latente de la combustion. Rien ne semble donc plus logique que d'employer, comme fluide travaillant dans le moteur, les gaz mêmes de la combustion ; tels sont les moteurs à air chaud et les moteurs à gaz. Ils diffèrent en ce que, dans les uns, la combustion est extérieure et, dans les autres, intérieure au moteur. Il semble que leur conception est la plus saine.

Cependant, jusqu'à ces derniers temps, les moteurs à vapeur ont été préférés, et ils présentent sur les précédents plusieurs avantages.

Leur inconvénient est constitué par l'intermédiaire nécessaire de la vapeur d'eau, à laquelle les gaz brûlés ne peuvent pas transmettre toute l'énergie qu'ils possèdent, d'où un déchet. Mais la vapeur d'eau est condensable et, par suite, il y a un travail beaucoup plus important à obtenir par le refroidissement au condenseur, qu'il n'est possible de le faire dans les moteurs à gaz, où les gaz sont abandonnés à haute température à la sortie du moteur.

Enfin, la vapeur présente encore cet avantage que les hautes pressions sont obtenues avec des températures plus

basses que dans les moteurs à gaz; ce qui procure de plus grandes facilités pour le fonctionnement organique des moteurs et permet de faire des machines moins encombrantes, avec multiple expansion.

On fait beaucoup de recherches, en ce moment, pour l'emploi direct, dans l'intérieur du moteur, d'un combustible solide. Pour beaucoup d'ingénieurs, il semble que ce soit la solution idéale.

J'avoue ne pas comprendre le grand intérêt qu'il peut y avoir là.

A moins de faire un combustible spécial, ce qui nécessite une transformation peut-être plus onéreuse que celle du gazogène, il y aura toujours des résidus, dont la vidange, dans les moteurs, sera difficile.

On peut aussi prévoir la transformation du combustible solide en pétrole artificiel, c'est-à-dire en combustible liquide qui est toujours d'une injection plus facile dans le moteur.

Mais le combustible liquide vaut-il le combustible gazeux? Les essais montrent que le rendement est, en général, inférieur avec les moteurs à combustibles liquides qu'avec les moteurs à combustibles gazeux. D'ailleurs, ces liquides sont des carbures plus ou moins oxydés, et il est toujours à craindre qu'une combustion incomplète laisse des goudrons et du carbone à l'état pulvérulent, dans le moteur qui tend ainsi à s'encrasser.

Il n'est donc pas probable que l'emploi du combustible gazeux, aux moteurs à gaz, doive être sérieusement concurrencé par celui des combustibles liquides ou solides, au moins dans les grandes installations où l'encombrement n'est pas un inconvénient sérieux, et faut-il prévoir la création de gazogènes destinés à transformer même les combustibles liquides en combustibles gazeux, par des procédés analogues à ceux de la transformation des combustibles solides.

Il y a plusieurs manières de transformer les combustibles solides en combustibles gazeux. Les combustibles solides, comme je le montrerai plus loin, doivent être considérés comme

formés de divers composés des éléments carbone, hydrogène, oxygène, soufre, azote, etc., composés mélangés les uns aux autres et capables de réagir entre eux, sous l'influence de la chaleur.

Le premier procédé, pour avoir un combustible gazeux, est donc de chauffer le combustible. Il se produit alors des transformations chimiques et physiques entre les divers composés dont le mélange constitue l'état originaire, le corps distille et les produits gazeux peuvent être recueillis.

C'est ainsi que se fabrique le gaz d'éclairage. Les produits volatils sont des carbures d'hydrogène en grande partie, de l'oxyde de carbone, de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau. Ce sont des gaz très riches.

Si le combustible, sur lequel on opère, est riche en produits volatils et que le résidu de la distillation, le coke, soit de bonne vente, l'opération pourra se borner à une distillation.

En tout cas, il y aura toujours lieu de produire ces gaz de distillation. Il semble établi que cette opération absorbe peu, ou pas, de chaleur, sauf les pertes qui accompagnent une élévation de température suivie d'un abaissement, comme elles sont le corollaire nécessaire de toute transformation, qui écarte, momentanément, un corps, des conditions habituelles du milieu, température ou pression.

Cette distillation peut être considérée comme une opération de triage permettant d'employer une partie du combustible, qui atteint de 0 à 80 0/0 en poids, et semble pouvoir éliminer, du combustible, la presque totalité de l'oxygène et de l'hydrogène.

Au contraire, le coke qui reste, comme résidu de distillation, semble se composer surtout d'un carbure beaucoup moins riche en hydrogène et dépourvu d'oxygène et d'azote presque entièrement.

Pour transformer celui-ci en combustible gazeux, deux procédés sont utilisables et utilisés. L'un consiste à brûler le carbone incomplètement en oxyde de carbone, gaz combustible. Cette transformation produit de la chaleur.

L'autre transformation est d'attaquer, au rouge, le carbone par l'eau, suivant les deux réactions chimiques :

$$C + H^2O = CO + H^2$$
$$C + 2H^2O = CO^2 + 2H^2.$$

Ces deux réactions consomment de la chaleur.

Si le premier procédé peut être employé uniquement, le gaz produit est obtenu avec dégagement de chaleur et se compose d'oxyde de carbone, d'un peu d'hydrogène et de vapeur d'eau, correspondant à l'hydrogène joint au carbone.

Le second procédé ne peut être obtenu sans apport de chaleur provenant d'une source extérieure, puisque la réaction est endothermique. Cette deuxième manière de réagir sur le carbone, qui constitue presque uniquement le coke, ne peut donc pas être employée isolément d'après la définition que j'ai donnée du gazogène. Elle peut, au contraire, se produire en même temps que la première, l'action de l'air et de l'eau étant associées en de telles proportions que l'ensemble des réactions laisse un excès de chaleur pour compenser les pertes extérieures.

De fait, même au cas où l'on agirait sur du carbone pur, ou sur un composé parfaitement défini de carbone et d'hydrogène, les réactions ne seraient jamais aussi simples. Il ne se forme pas d'oxyde de carbone, sans qu'il se forme, en même temps, de l'acide carbonique. Les carbures d'hydrogènes réagissent avec la vapeur d'eau, l'oxyde de carbone et l'acide carbonique, pour modifier les proportions de ceux-ci et souvent former d'autres carbures, ou des composés ternaires.

Ces réactions dépendent naturellement de la température à laquelle l'opération est faite, des successions de température par lesquelles passent les gaz, de la pression de ceux-ci, des proportions d'eau et d'air introduites, toutes conditions qui permettront de varier la proportion des gaz, notamment celle de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone, qui constituent essen-

tiellement les deux gaz combustibles et celle des corps neutres, qui les accompagnent, tels que l'azote et l'acide carbonique.

Les gaz produits ainsi, par l'action de l'air et de la vapeur d'eau, agissant, soit simultanément, soit successivement, sur le combustible, diffèrent essentiellement entre eux et des gaz de distillation. Il faut remarquer, en effet, que, seul, l'oxygène a un rôle actif dans l'air introduit et que, par conséquent, par volume d'oxygène introduit, il pénètre 4 volumes d'azote, qui restent neutres dans le gaz combustible. La réaction de l'air fournira donc nécessairement des gaz beaucoup moins riches que ceux obtenus par la réaction de l'eau et encore beaucoup moins riches que ceux produits par la distillation, qui sont essentiellement des carbures, dont la molécule contient plusieurs éléments de carbone et d'hydrogène.

D'où, déjà, différentes variétés de gaz ; les gaz à l'air, dans le cas où l'action de l'air seul est employée. Ce sont les gaz les plus pauvres, quoiqu'ils soient souvent enrichis par des carbures de distillation, quand le combustible employé n'est pas du coke et contient des produits volatils.

Les gaz mixtes sont ceux qui sont produits, lorsqu'on a fait agir, à la fois, l'air et l'eau. Ils comprennent une proportion assez élevée d'hydrogène en même temps que de l'oxyde de carbone et des traces de gaz de distillation.

Le gaz à l'eau est, au contraire, produit par la réaction de l'eau seule, sur le combustible au rouge, et peut être appauvri par des proportions assez fortes d'acide carbonique, mais, en tout cas, ne contient pas d'azote.

Enfin, le gaz de distillation ne contient que l'oxygène préexistant dans le combustible et, quand celui-ci en est très peu chargé, comme les houilles, il se compose presque uniquement de carbures d'hydrogène et d'hydrogène.

Il n'y a pas, en pratique, de séparation absolument nette entre ces différentes catégories de gaz. Il existe même des gaz de distillation, comme nous le verrons dans l'appareil Riché, où le combustible est volontairement employé humide, de

façon que l'eau et la vapeur d'eau produite par le séchage préalable du combustible, traversent les masses incandescentes, de façon à produire un gaz, partie de distillation, partie gaz à l'eau.

C'est l'ingénieur qui a besoin de transformer un combustible solide en combustible gazeux qui doit savoir quel genre de gaz il convient de rechercher, d'après l'emploi qu'il doit en faire et les conditions économiques.

Depuis le gaz pur de distillation, tel que le gaz de ville, jusqu'au gaz des gazogènes Siemens, produit uniquement par la combustion incomplète du coke par l'air et qui, lui-même, contient encore des traces de gaz de distillation et de gaz à l'eau, on peut rencontrer, dans des gazogènes imaginés, toutes les variétés de gaz correspondant au mélange des trois espèces.

J'ai cité les divers procédés au moyen desquels le gaz pouvait être obtenu avec un combustible solide.

Il faut bien remarquer qu'il n'y a pas, dans cette opération, de déchet nécessaire, ainsi que j'ai montré qu'il fallait le prévoir, pour la transformation de la chaleur en travail. En théorie, le rendement d'un gazogène peut être de 100 0/0, ce qui veut dire que l'on peut combattre les causes qui occasionnent des pertes, et que l'on n'est arrêté, dans les économies à faire en réduisant celles-ci, que par le prix qu'elles pourraient nécessiter.

Il est évident, néanmoins, que les opérations, transformations chimiques et physiques, qui se produisent ainsi, ne pourront, toutefois, se réaliser en pratique qu'avec un déchet, parce que c'est une loi générale de la nature qu'une réaction ne se produise que si elle met en liberté un excédent d'énergie, sous forme de chaleur ou de courant électrique. Mais il n'y a pas de rapport nécessaire, entre la dépense et les transformations produites, ou du moins la science actuelle ne le connaît pas, et l'on peut dire que le déchet peut toujours être très petit, quelle que considérable que soit la réaction produite.

Cette considération est fort importante, car elle montre qu'au

point de vue rendement, il n'y a, en théorie, aucun avantage d'un type de gazogène, sur un autre. Si la transformation d'un combustible, par l'un de ces procédés, donne des gaz plus ou moins puissants, c'est simplement parce que, dans l'un ou dans l'autre, on a mieux combattu les causes nuisibles, telles que les pertes aux parois.

Dans un gazogène, on est obligé de réaliser des températures élevées, qui échauffent le corps même du gazogène, d'où un premier déchet. Car celui-ci se refroidit au contact de l'air ambiant. En outre, les produits de la combustion, gaz, coke, ou cendres, sont portés à de hautes températures. Cette dernière quantité de chaleur peut n'être pas entièrement perdue, au moins pour le gaz et le coke qui peuvent souvent être employés à haute température, mais, en général, elles constituent un déchet dont les appareils spéciaux ne peuvent jamais permettre qu'une récupération incomplète.

Enfin, les calories entraînés par la cendre ou les scories constituent toujours un déchet absolu.

C'est à l'ingénieur chargé de faire le projet d'un gazogène d'examiner quel genre de gaz il doit produire, quel type d'appareil il doit employer et comment il doit l'aménager de façon à réduire ces différentes dépenses au minimum.

Il a à sa disposition pour ce choix une très grande variété de types déjà étudiés.

Il est très difficile de classer méthodiquement les divers gazogènes.

En effet, d'une part, les emplois différents, soit pour l'éclairage et le chauffage, soit pour l'alimentation des moteurs à gaz, répondant à des besoins différents ont fait construire et prévoir des gazogènes dissemblables. Il est certain, en particulier, que, si les gaz s'en vont du gazogène à haute température, cela n'a pas d'inconvénient, lorsqu'il s'agit de chauffer un four, tandis que les gaz doivent être introduits froids dans un moteur à gaz, d'où l'étude de deux types différents.

De même, plus les gaz sont riches et surtout dépourvus de

corps neutres, mieux ils conviennent pour obtenir des températures élevées et même, en général, pour le chauffage, tandis qu'il semble démontré aujourd'hui, comme M. Salanson l'avait dit jadis à la suite de curieuses expériences, que, plus le gaz est pauvre, mieux il convient à l'emploi dans un moteur.

D'autre part, on peut transformer, dans un gazogène, toute une série de combustibles essentiellement différents, comme les anthracites, charbons, lignites, tourbes, bois, goudrons, etc. A chaque combustible convient une disposition spéciale, ainsi qu'au coke de chacun de ceux-ci.

La classification des gazogènes pourrait aussi être utilement faite d'après les combustibles à employer, ou d'après l'emploi recherché.

Les conditions économiques jouent encore un rôle très important. Si les cokes, charbons de bois, etc., sont d'une vente avantageuse la distillation sera recherchée, si, au contraire, ces produits sont d'une vente difficile, il conviendra de les transformer, soit en faisant du gaz à l'eau, soit du gaz mixte.

De même, pour d'autres sous-produits, comme les goudrons et les eaux ammoniacales, il conviendra, tantôt de chercher à les recueillir avec soin, et les gazogènes peuvent rivaliser avec les appareils de distillation les plus perfectionnés. Dans ce cas, les habituels sous-produits, goudrons et eaux ammoniacales, se trouvent être les produits principaux. C'est ce qui se produit, notamment, dans les appareils à distillation du bois.

Quand, au contraire, on cherche à obtenir de la force motrice et que l'installation n'est pas assez considérable, pour qu'il soit avantageux de récupérer les goudrons et les eaux ammoniacales et surtout, quand on emploie des combustibles qui donnent une faible proportion de ces produits, il convient de brûler les goudrons, de façon à en recueillir, sous forme de gaz combustibles plus stables, l'énergie potentielle et d'empêcher l'ammoniaque de se produire.

On voit ainsi un nouveau critérium, qui pourrait servir à classer les gazogènes, en se basant sur la réaction que l'on cherche à y produire comme réaction principale.

C'est ainsi que, dans la distillation de la houille, on peut chauffer les cornues, soit avec le coke, soit avec le gaz, suivant que le but de la distillation est de fournir du gaz d'éclairage ou du coke métallurgique.

On voit, de même, que, dans un haut fourneau, qui est un véritable gazogène, le but principal recherché est la production de la fonte qui, en l'espèce, est une partie des scories du gazogène et que, dans le gazogène Mond, le produit principal recherché est l'ammoniaque, qui est en quantité infime, mais, par sa haute valeur, peut devenir le produit le plus avantageux à recueillir.

De la diversité de ces considérations, il résulte que, quel que soit le mode de classification que l'on puisse adopter pour les gazogènes, un appareil déterminé ne trouvera peut-être pas sa place, dans une des classes que l'on aura imaginées.

Ce n'est pas facilement même que je pourrai étendre, à tous les gazogènes, la définition que j'ai adoptée et qui est très critiquable.

Il est évident, par exemple, que l'on ne peut pas considérer comme gazogènes, les fours à gaz servant à la distillation du charbon en cornues pour produire le gaz de ville, et il n'entre pas dans ma pensée de décrire ici ces fours. Cependant ceux-ci semblent rentrer dans ma définition lorsque les cornues sont chauffées par la combustion d'une partie du gaz distillé.

Cependant je devrai parler de différents appareils à distillation comme celui de Riché.

Ce sont des appareils où la distillation se fait réellement dans des cornues, avec un combustible qui n'est même pas nécessairement le combustible distillé. Ils répondent donc, encore moins que le four à gaz, à la définition que j'ai donnée.

Cependant, j'étudierai ici ces appareils et je continuerai à les appeler gazogènes, quoique, à mon avis, cette dénomination soit très discutable. M. Lencauchez, notamment, l'a déjà répudiée. On peut d'ailleurs remarquer que, dans ces appareils, l'opération ne se borne pas à une distillation produite par la chaleur

d'un foyer extérieur, mais qu'il y a, en même temps, attaque du charbon rouge par la vapeur d'eau, cette même opération se produisant par ce que les inventeurs appellent le renversement du sens de la distillation.

Ces réserves faites, que je crois nécessaires, j'ai classé les gazogènes sans tenir compte de l'espèce du combustible employé, ni du but recherché, en examinant seulement les moyens employés.

Je considère, ainsi, les gazogènes par distillation, définissant ainsi ceux où le combustible est isolé et n'est en contact, ni avec l'air extérieur, ni avec un courant de vapeur d'eau ou du moins pas en proportion suffisante, pour que la distillation soit accompagnée de la formation de gaz à l'eau et de gaz pauvre, de façon que le coke soit lui-même transformé.

Dans un autre chapitre, j'examinerai les gazogènes dits « de gaz à l'eau » qui se distinguent, des premiers, en ce qu'il n'y a pas de foyer extérieur, qu'ils rentrent ainsi, très nettement, dans la définition que j'ai donnée des gazogènes et qui se distinguent des suivants en ce que le gaz recueilli, sauf de petites proportions, est un gaz riche provenant de l'attaque du charbon, par la vapeur d'eau, sans mélange d'azote.

Ensuite, j'examinerai les gazogènes type Siemens et type Dowson, c'est-à-dire ceux qui fournissent le gaz pauvre par la combustion incomplète du combustible, avec ou sans intervention de la vapeur d'eau.

CHAPITRE II

LA COMBUSTION

La combustion, en présence de l'air, d'un combustible se fait plus ou moins complètement, suivant les conditions où l'air et le combustible se trouvent placés.

Si l'air est en quantité insuffisante pour que la combustion soit complète, il y a oxydation plus ou moins importante d'une partie des éléments du combustible, et il peut y avoir, en outre de l'oxydation, des transformations chimiques locales dans le milieu complexe que le combustible représente et qui soient produites par l'élévation de température que la combustion a fournie.

Les gaz qui quittent la zone où la combustion s'est produite, traversent souvent, en un temps très court, des couches de combustible à température plus froide et les premières transformations peuvent se modifier, certains produits de la première combustion devenant moins stables et se transformant aux températures plus basses qui succèdent.

Aussi est-il très difficile de savoir ce qui se produit exactement, à l'endroit même où se fait la combustion.

Toutefois, on peut examiner séparément les conditions qui peuvent modifier la nature des produits de la combustion.

L'une des premières est la proportion des corps en présence.

Cette présence est toute relative, car le combustible touche l'air seulement suivant sa surface.

S'il est solide, il est d'autant plus en contact que cette surface est plus étendue par rapport au volume, ce qui donne une importance toute particulière à la porosité du combustible, à la grosseur et à la forme de ses morceaux. Ainsi, pour éviter les combustions rapides dans les cheminées d'appartement, donne-t-on, de préférence, aux agglomérés, la forme de boulets.

La combustion donne naissance à des gaz brûlés qui restent plus ou moins adhérents au combustible et protègent, comme une gaine, une certaine partie de la surface, quand une action extérieure ne vient pas les chasser. C'est pourquoi un courant d'air active beaucoup la combustion et que, en augmentant le tirage, on peut brûler une plus grande quantité de combustible dans le même foyer.

De même, si l'air est à haute pression et surtout si l'oxygène y est dilué dans une proportion moins élevée d'azote, la combustion peut se faire beaucoup plus rapidement, sur une masse totale moins grande de combustible, avec la même quantité d'air. Il y a ainsi, autour de la surface de combustion, un poids moindre de matière à échauffer avec la même quantité de calories; les températures obtenues peuvent être plus élevées, et les gaz, produits de cette combustion, différents, ainsi qu'on le verra avec le gazogène Gardie. Probablement, les appareils servant à enrichir l'air, comme l'on cherche actuellement à en construire, en utilisant la force centrifuge, ou encore la marche sous courant d'air forcé, doivent donner des résultats semblables.

C'est ainsi que l'on procède pour obtenir de hautes températures dans les fours de laboratoire, où l'on brûle, avec un courant d'air, du charbon sans poussière et cassé très fin.

De même, les gaz combustibles, cheminant avec de l'air, peuvent être en contact plus ou moins intime. Suivant leur mélange plus ou moins parfait, la combustion peut se faire, de différentes manières, à des températures différentes. Là encore, les produits d'une combustion incomplète peuvent beaucoup varier, pour des états semblables au départ, suivant les circons-

tances rencontrées. Aussi a-t-on reconnu l'importance d'un bon brassage des gaz et de l'air précédant la combustion.

Si la proportion de l'air, déterminée par sa circulation et sa pression, a une influence, la température, au point où se fait la combustion, semble en avoir une plus grande encore.

Un kilogramme de charbon demande, pour brûler en acide carbonique, près de 14 kilogrammes d'air. Si l'on met seulement 6 kilogrammes d'air en rapport avec 1 kilogramme de charbon, c'est-à-dire si l'on fait traverser une masse de charbon par 6 kilogrammes d'air, il peut se produire que les $\frac{6}{14}$ du charbon brûlent en acide carbonique, ou, au contraire, que presque tout le charbon brûle en oxyde de carbone, ou enfin qu'une partie de l'air soit employée à faire de l'acide carbonique et une partie à faire de l'oxyde de carbone.

Il semble que le principal facteur soit, ici, la température de la réaction.

La combustion d'un volume d'air, transformant du charbon en acide carbonique, donne plus de calories que la combustion d'un même volume d'air brûlant deux fois plus de charbon en oxyde de carbone. Aussi semble-t-il que, plus la température sera basse, plus l'acide carbonique tendra à se former et, plus la température sera élevée, plus la proportion d'oxyde de carbone sera grande.

Ceci semble démontré par l'expérience.

Certains semblent croire que, là où la combustion se fait, à la surface même du combustible, c'est toujours de l'acide carbonique qui est formé et que celui-ci se réduit, dans le passage ultérieur des gaz brûlés sur le charbon que la température de combustion maintient au rouge, autour de la zone de la combustion. Il a été fait, à ce sujet, des expériences très intéressantes mais qui me semblent ne pas pouvoir établir si c'est bien ainsi que les choses se passent, ou s'il n'y a pas, dès la combustion, une proportion d'acide carbonique et d'oxyde de

carbone, déterminée par la température même, à laquelle la réaction se produit.

Enfin, il y a encore d'autres causes qui influent sur la manière d'être de la combustion. Ce sont celles qui facilitent l'évacuation de l'énergie mise en liberté, telles, par exemple, qu'un courant électrique, ou qu'une réaction chimique, se produisant en même temps que la combustion.

Il semble, en effet, qu'une combustion se produit d'autant plus facilement que ses effets peuvent être mieux utilisés.

On explique souvent ces différents phénomènes par la dissociation.

Pour prendre l'exemple simple du charbon brûlant en oxyde de carbone ou en acide carbonique, on peut, en effet, admettre que, là où se fait la combustion, il y a une élévation locale de température, qui peut être suffisante pour que l'acide carbonique, produit d'une première combustion, se décompose en oxyde de carbone et en oxygène et que la combustion se trouve ainsi arrêtée jusqu'à ce que les circonstances extérieures aient refroidi la surface du combustible et permis une nouvelle combustion, ou détruit les effets de la première dissociation.

Il est certain, en particulier, que la présence d'un diluant, tel que l'azote, que la combustion doit échauffer en même temps que les gaz brûlés, devra restreindre la température de ceux-ci et s'opposer ainsi à la dissociation.

D'une façon générale, la présence d'un corps neutre en proportion élevée empêche la température d'être très haute et modifiera beaucoup les conditions de la combustion incomplète et de la distillation.

J'en montrerai l'emploi au sujet du gazogène Mond.

Je crois que l'on a beaucoup abusé de l'argument en invoquant trop souvent le phénomène de la dissociation, pour expliquer les réactions chimiques qui se produisent dans un gazogène.

En effet la dissociation de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique, notamment, ne peut être obtenue dans les expériences

de laboratoire, que d'une façon incomplète, le corps à dissocier n'étant jamais entièrement séparé en ses éléments et elle ne semble pas se produire immédiatement. En outre, elle nécessite des températures beaucoup plus élevées que celles que l'on peut déterminer dans l'intérieur d'un gazogène.

De même on explique souvent la fabrication du gaz à l'eau, en disant que la vapeur d'eau se dissocie, abandonnant l'hydrogène en liberté et laissant l'oxygène s'associer au carbone, alors qu'il se produit là, au contraire, une réaction chimique complexe entre les trois éléments, réaction qui se peut produire sous des formes différentes, suivant la proportion d'oxyde de carbone et d'acide carbonique, et qui a lieu à des températures bien inférieures à la température de dissociation de la vapeur d'eau.

C'est ainsi encore que se produit la réduction de l'acide carbonique en oxyde de carbone, sans que cette opération constitue, le moins du monde, une dissociation. Il en est de même pour les réactions complexes qui se produisent entre la vapeur d'eau, les carbures, l'oxyde de carbone et l'acide carbonique.

On admet que, chaque fois que des corps sont en présence, à une température et à une pression déterminées, il peut exister un ou plusieurs états d'équilibre qui établissent les proportions des différents composés qui se trouvent en présence.

Quand la température ou la pression varient, ces proportions se trouvent modifiées et des transformations chimiques sont ainsi nécessaires pour permettre à l'ensemble de passer d'une situation à l'autre.

C'est ainsi qu'en algèbre la variation d'un paramètre modifie la valeur des racines d'une équation et que cette équation peut avoir plusieurs racines réelles, comme de même il peut y avoir plusieurs états stables pour une proportion déterminée d'éléments en présence à une température et à une pression déterminées. Mais, toutefois, une transformation des conditions du milieu ne peut pas modifier de plusieurs manières différentes l'état primitif, de même que la variation d'un paramètre modifie d'une seule façon la valeur d'une racine considérée isolément.

On conçoit donc que la combustion incomplète de produits déterminés, même au cas où les températures finales où la réaction se parachève seraient semblables, puisse produire des résultats différents et qu'il est très important de considérer les états successifs dans lesquels passe le combustible.

Il est d'ailleurs difficile de connaître ces états. On a beaucoup discuté sur le cas très simple de la combustion du carbone en acide carbonique et en oxyde de carbone et sur les proportions de ces deux corps, qui sont obtenues dans une combustion incomplète.

Il semble avoir été admis que le carbone brûle d'abord en acide carbonique pour se transformer, ensuite, en oxyde de carbone, en traversant le charbon qui est chauffé au rouge par le voisinage du foyer. D'autre part, il est à peu près démontré, comme je vais le faire voir, que, plus est élevée la température de ce charbon traversé, plus forte est la proportion d'oxyde de carbone.

Il me semble difficile d'admettre cette combinaison et cette réduction successives.

On l'a observé en prenant avec des éprouvettes des témoins parmi des gaz brûlés du foyer. Est-il bien certain que, là où la combustion se fait, et où par conséquent il doit y avoir de l'oxygène libre, puisque la combustion ne peut se faire qu'en présence du comburant, on n'ait pas rapporté, dans les éprouvettes, un mélange d'oxygène et d'oxyde de carbone qui, en pénétrant dans l'éprouvette et en s'isolant, se seront combinés pour former l'acide carbonique que l'on a cru recueillir.

C'est ainsi que M. Euchène, dans le rapport qu'il a présenté au Congrès international du gaz, montre que, dans un gazogène où des témoins ont été recueillis à 30 centimètres de la grille, l'on trouve un mélange d'air et d'acide carbonique sans trace d'oxyde de carbone ; à 65 centimètres environ, il y a de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone et à 1 mètre de distance, il y a des proportions nettement établies des deux

gaz, suivant la température du charbon à cette zone. Voici le tableau de ces expériences :

Distance à la grille		0m,30			0m,60 à 0m,70				1 mètre		
Gazogène alimenté avec du coke rouge.	CO^2.	17	8	3	10	5	6	10	4	2	2,50
	O.	2	9,50	16,50	»	»	»	1	»	»	»
	CO.	»	»	»	11	25	23	12	26	28	27

Sous réserve de la crainte que je signale, que ce qui est recueilli ne soit pas semblable à ce qui existe réellement dans la zone de combustion, les expériences de M. Euchène ont un très grand intérêt et donnent une grande clarté, au milieu de la discussion très vive qui a eu lieu, au sujet des gazogènes dits de gaz à l'eau Dellwick-Fleischer et Strache.

Le gazogène Dellwick-Fleischer est construit de telle sorte que l'on doit produire la combustion complète au-dessus de la grille sans arrivée d'air secondaire, par conséquent dans la masse même du charbon, les gaz produits étant abandonnés à l'air et ne devant pas rester combustibles.

On a réalisé ce desideratum, en donnant à la couche du combustible une épaisseur très réduite et en soufflant énergiquement l'air. Effectivement, l'expérience semble montrer que les gaz brûlés ne comprennent presque que de l'acide carbonique, quoiqu'ecependant la température de combustion doive être très élevée, puisque cette combustion a précisément pour but de porter à haute température le charbon dans lequel elle se produit.

A mon avis, la combustion ne doit pas être complète dans le charbon même, mais une partie de l'air doit le traverser et brûler les gaz combustibles, immédiatement à la sortie de la zone du charbon rouge.

L'expérience a donc montré que, dans la masse de charbon, ou au ras de celle-ci, la combustion se faisait ainsi d'une façon très complète parce que la couche de combustible était peu épaisse, mais cependant le Dr Strache et le Dr Jahoda ont

fait, à Vienne, une série d'expériences des plus intéressantes, qui semblaient établir, au contraire, que l'importance de l'épaisseur de la couche était de nulle valeur et qu'il ne fallait considérer que la température du combustible pour connaître

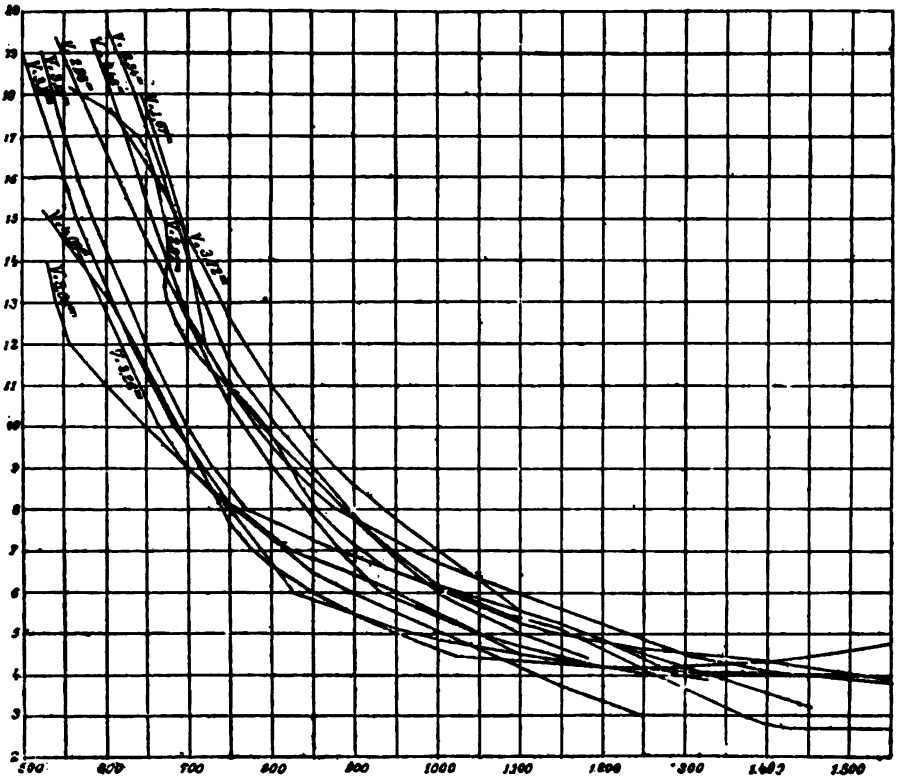


Fig. 1. — Expérience des docteurs Strache et Jahoda.

les proportions d'oxyde de carbone et d'acide carbonique entraînés.

Ces expériences ont été décrites dans le *Journal für Gasbeleuchtung Und Wasserversorgung* par le Dr H. Bunte.

J'en extrais un tableau du plus haut intérêt.

Dans la figure 1 représentant des diagrammes relevés par les Drs Strache et Jahoda à l'usine à gaz de Pattau, on a figuré 11 diagrammes où les ordonnées représentent la quan-

tité d'acide carbonique, dans les gaz sortant d'un gazogène, alors que les abscisses représentent la température à laquelle ces gaz quittent le combustible.

La première remarque à faire est que, si ces courbes ne sont pas absolument régulières, parce que les mesures rigoureuses sont bien difficiles à obtenir dans ces circonstances, on peut, tout de même, remarquer qu'elles ont toutes une allure semblable, qu'elles s'incurvent de la même manière, et qu'elles tendent vers une asymptote commune. Les hauteurs de charbon, dans le gazogène, étaient assez grandes, près de 2 mètres, mais la vitesse d'insufflation de l'air, qui est indiquée d'ailleurs sur chaque courbe, était bien différente, puisque sa valeur varie de $1^m,67$ à 4 mètres par minute.

On peut encore remarquer, en examinant ces courbes, que celles-ci ne se suivent pas du tout dans l'ordre des vitesses d'insufflation et en conclure que la quantité d'air qui traverse le combustible est, à peu près, sans importance sur les proportions d'acide carbonique et d'oxyde de carbone qui sont ainsi produites.

Ceci fut vrai dans les expériences faites à Pattau, mais la couche de charbon était encore importante, et il ne faudrait pas déduire de là que, si elle avait été réduite, les choses se seraient passées de la même manière.

M. Ledebur avait déjà donné des résultats d'expériences analogues, que M. Witz signale dans son tome II et dont je reproduis ici les tableaux :

PROPORTIONS D'ACIDE CARBONIQUE ET D'OXYDE DE CARBONE

	En poids	
Températures	CO^2	CO
350°	85,2	14,8
440°	80,4	19,5
520°	79,6	20.4
700°	72,5	27,6
1100°	2,2	97,8

On peut y constater que les chiffres diffèrent sensiblement de ceux fournis par le Dr Strache en ce que les proportions

d'acide carbonique, entre 500° et 700°, sont beaucoup plus élevées que celles relevées par ce dernier.

Il semble, d'ailleurs, que les chiffres de MM. Strache et Jahoda doivent inspirer plus de confiance, car ces températures de 500° à 700° sont les températures de sortie de beaucoup de gazogènes dans les gaz desquels on ne relève pas d'aussi grandes proportions d'acide carbonique.

En résumé, pour qu'une combustion complète se fasse bien, il faut qu'il y ait une bonne proportion de combustible et de comburant et, pour qu'il en soit ainsi dans toute la zone de combustion, il faut que le mélange soit bien homogène, si le combustible est gazeux qu'il soit bien brassé avec l'air, si le combustible est solide, qu'il soit en grains de la même grosseur et, s'il est liquide, qu'il soit pulvérisé au contact de l'air. Il faut, en outre, que la chaleur produite et l'énergie latente développée soient, au fur et à mesure, employées de façon que, dans la zone de combustion, le mélange combustible conserve le même état, la même température, le même potentiel électrique. Il faut enfin que les produits de la combustion, gaz brûlés et cendres, ou scories, soient enlevés, au fur et à mesure qu'ils se produisent.

Il en est de même, lorsque l'on cherche une combustion incomplète, comme la formation de l'oxyde de carbone, ou une double réaction, comme dans les gazogènes mixtes, où l'on produit de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène. Il en est encore de même, pour la fabrication du gaz à l'eau, avec cette différence qu'il faut fournir de la chaleur, puisque la réaction est endothermique.

Là encore, la température joue un rôle très important et le charbon sera transformé en acide carbonique, ou en oxyde de carbone, en proportions variables, par l'oxygène ou la vapeur d'eau, suivant la température de la réaction.

CHAPITRE III

LES COMBUSTIBLES

Il y a différentes manières de classer les corps combustibles. On peut examiner à part les combustibles naturels et leurs cokes qui, presque seuls, peuvent intéresser dans l'étude des gazogènes et, parmi ceux-ci, séparer les combustibles liquides, tels que les pétroles, des combustibles solides.

Les pétroles se composent, en poids, d'environ 87 0/0 de carbone, 12 0/0 d'hydrogène et 1 0/0 d'oxygène. Ce sont, par rapport aux combustibles solides, des corps très hydrogénés et l'oxygène n'y figure, pour ainsi dire, qu'à l'état de trace et disparaît d'ailleurs à la distillation.

Ces combustibles liquides ne présentent, au point de vue chimique, aucune analogie avec les combustibles solides, et je n'en parlerai pas ici plus longuement, malgré l'intérêt qu'il peut y avoir à brûler, dans un gazogène, des pétroles ou des huiles lourdes, ainsi d'ailleurs que toute matière combustible naturelle ou artificielle.

Il semble, au contraire, que les combustibles solides, depuis le bois jusqu'aux anthracites, dérivent les uns des autres.

J'emprunte, à l'ouvrage de M. Euchène, un tableau donnant la classification des combustibles naturels d'après la méthode de Regnault et les essais exécutés, en 1891, par M. Mahler,

ingénieur civil des Mines. Dans ce tableau, l'eau hygroscopique ainsi que les cendres a été déduite.

COMBUSTIBLES NATURELS		COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE déduction faite DES CENDRES ET DE L'EAU			
		C	H	O + S	Az
1° Bois	Bois de chêne de Lorraine	50.44	5.88	42.68	1.00
	Bois de sapin de Norvège	51.08	6.02	41.90	1.00
2° Formation contemporaine	Tourbe de Bohême	57.22	5.96	35.82	1.00
3° Terrains secondaires et tertiaires	Lignite de Tréfail (Styrie)	69.23	5.06	24.71	1.00
4° Formation houillère :					
Houilles sèches à longues flammes	41. Decazeville	78.72	5.67	14.51	1.00
	42. Blanzy. Puits Sainte-Marie	84.265	5.273	9.262	1.00
Houilles grasses	43. Commentry	85 664	5.604	7.682	1.00
	44. Lens	87.261	5.436	6.263	1.00
	45. Puits du Treuil à St-Étienne	89.231	5.026	4.856	1.00
Houilles demi-grasses	46. Puits Ste-Marie à Anzin	91.256	4.269	3.255	1.00
Houilles anthraciteuses	47. Kebao (Tonkin)	93.456	3.065	2.825	1.00
Anthracites	48. Pensylvanie	95.373	2.201	1 596	1.00

L'on y remarque combien varie peu la proportion d'hydrogène, alors que l'on pourrait considérer la proportion d'oxygène comme caractéristique du combustible examiné. On a évalué, dans ce tableau, à 1 0/0, la proportion d'azote parce que celle-ci est très variable dans une faible étendue, avec le lieu d'origine d'un même combustible, sans en modifier la nature et que son examen ne présenterait aucun intérêt dans le cas actuel.

La cellulose, pour 99 parties, donnerait en poids :

Carbone	44,00
Hydrogène	6,20
Oxygène	48,80
	99,00

Il semble, en examinant le tableau ci-dessus, que c'est vers ces limites que tendent les proportions de ces trois éléments quand on se rapproche du bois et que, plus s'éloigne la période de formation du corps, plus la proportion d'oxygène diminue d'importance.

Il ne faudrait pas croire, comme le tableau semble l'indiquer à première vue, que, si la quantité d'hydrogène contenue dans le bois, puis dans la tourbe, puis dans le lignite, enfin dans les charbons de plus en plus maigres, a pu rester constante, ce soit parce que cet élément s'est maintenu pendant la transformation. Car cette transformation a dû se produire par une sorte de distillation, dans laquelle les produits volatils ont entraîné l'oxygène, une partie de l'hydrogène, probablement une partie du carbone.

Néanmoins, celui-ci est resté en plus grande proportion pour constituer définitivement une part de plus en plus prépondérante de combustible. La quantité d'hydrogène a ainsi diminué par rapport à celle du carbone.

Ce qui a dû se produire aux époques de formation nous est tout à fait confirmé, par ce qu'il advient dans le traitement de ces combustibles et, en effet, plus un combustible contient d'oxygène, plus est élevée la proportion de produits volatils que la distillation peut produire.

Un second tableau, emprunté à M. Euchène, d'après M. Sainte-Claire Deville, montre déjà les proportions de matières volatiles que l'on peut recueillir dans les houilles propres à la fabrication du gaz et qui croissent régulièrement comme la quantité d'oxygène contenue.

CLASSIFICATION DES HOUILLES PROPRES A LA FABRICATION DU GAZ

HOUILLES	MATIÈRES VOLATILES p. 100 de houille pure (sans cendres ni eau)	COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DÉDUCTION FAITE DES CENDRES ET DE L'EAU			
		C	H	O	Az
Nos 1	29.48	88.38	5.06	5.56	1
2	33.88	86.97	5.37	6.66	1
3	36.42	85.89	5.40	7.71	1
4	40.66	83.37	5.53	10.10	1
5	43.99	81.66	5.64	11.70	1

De même, d'après M. Lencauchez, le lignite contient en moyenne 55 0/0 de produits volatils, goudrons, gaz et eaux

ammoniacales; la tourbe, 60 à 65 0/0; et le bois, 82 0/0 de matières volatiles.

Les résidus de distillation de tous les combustibles sont leurs cokes. Celui du bois s'appelle le charbon de bois. Comme éléments combustibles, ils ne contiennent presque que du carbone.

Les combustibles qui conviennent le mieux, pour l'emploi dans les gazogènes, sont ceux qui ont de la tenue et ne tombent pas en poussière sous l'action de la chaleur. Ce sont, en outre, ceux qui fourniront le moins de cendres et, pour la presque totalité des gazogènes, ceux qui contiennent le moins de produits volatils.

Il faut aussi, dans beaucoup de cas, notamment pour les moteurs à gaz, s'inquiéter dès que le soufre est en assez forte proportion.

Un autre coefficient à considérer, c'est la température de fusion des cendres.

Il est certain que, quand les cendres sont fusibles, elles collent, empêchent la circulation de l'air, peuvent ainsi arrêter le mouvement du gazogène et, en tout cas, s'en vont en emportant une partie du combustible et en fournissant un mauvais rendement.

On a bien essayé d'éliminer les cendres, au contraire, en les rendant plus fusibles avec des fondants, et de les faire couler comme des laitiers. Mais je ne connais pas de gazogène fonctionnant actuellement dans ces conditions, et, sauf des cas spéciaux, il ne semble pas que la solution serait avantageuse.

M. Lechatelier a fait beaucoup d'expériences pour évaluer les températures auxquelles fondent les cendres des combustibles.

Ces températures sont très variables, mais, le plus généralement, sont comprises entre 1.100° et 1.300°.

Il est bien entendu qu'il convient d'atteindre les températures les plus élevées pour le bon fonctionnement d'un gazo-

gène, mais cependant devra-t-on attacher la plus grande attention à rester au-dessous de la température de fusion des cendres.

Sous cette réserve, il est donc bien certain que les combustibles qui conviennent le mieux dans un gazogène sont, d'abord, le charbon de bois, ensuite, le coke et les anthracites.

Le charbon de bois est indiscutablement le meilleur combustible. Il est dépourvu de produits volatils. Il fournit très peu de cendres et se tient bien au feu.

Les gaz produits dans un gazogène au charbon de bois sont très purs, ne fournissent que de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone, de l'acide carbonique et de l'azote. Ils ne contiennent pas d'acide sulfhydrique.

Mais le charbon de bois, presque partout, est trop cher.

En outre, comme on le produit avec du bois et que celui-ci, en combustion renversée, peut donner un excellent gaz en utilisant les produits que le charbon de bois ne contient plus, il semble que l'on aura presque toujours intérêt à employer du bois, plutôt que du charbon de bois, pour avoir du gaz combustible.

Dans le cas même où l'on tiendrait à recueillir certains produits de la distillation du bois, il serait facile de fonctionner en combustion directe et de recueillir les produits de la distillation dans les appareils d'épuration disposés entre le gazogène et le gazomètre.

On pourrait même utiliser des dispositions analogues à celles que l'on verra dans les gazogènes Genty et Lindes.

J'en reparlerai, d'ailleurs, dans le chapitre XII.

Le coke se présente aussi, pour les gazogènes, dans de très bonnes conditions. Il est, dans beaucoup de pays, le combustible presque uniquement employé.

On pourrait, cependant, faire, à son sujet, une observation semblable à celle que je viens d'émettre, relativement au bois et au charbon de bois.

Mais le coke est un des principaux produits des usines à gaz, qui cherchent à s'en débarrasser, et il permet d'employer des gazogènes très simples, dont le gazogène Dowson représente le type le plus parfait. Il ne nécessite que peu d'épurateurs.

Cette qualité est considérable, surtout pour les petites installations et, dans la pratique, le coke est le combustible que l'on choisira de préférence.

Il y a cependant des réserves à faire.

Le coke coûte cher, plus cher que la houille, à pouvoir calorifique égal.

S'il ne contient pas de produits volatils, il conserve toute la cendre et presque tout le soufre que contenait la houille originelle.

De telle sorte qu'à pouvoir calorifique égal, il est plus cendreux et plus sulfureux. Ce sont là de sérieux inconvénients.

En échange, le coke ne gonfle pas, puisqu'il a déjà subi une cuisson, il descend bien dans le gazogène et ne produit pas de voûtes.

On emploie très rarement d'autres combustibles artificiels, tels que les agglomérés. Cela tient à leur prix élevé par rapport à leur pouvoir calorifique et aux produits employés pour l'agglomération, brai et chaux, qui auraient de mauvais effets dans le gazogène.

Parmi les combustibles naturels, celui qui est préféré c'est l'anthracite, et surtout l'anthracite anglais ou américain, qui est dur, peu friable et contient de très faibles proportions de cendres.

Il convient, pour un gazogène, que la masse du combustible soit aussi homogène que possible, de façon à ce que l'air chemine, au travers, d'une façon à peu près égale.

Soit qu'il s'agisse de coke, soit qu'il s'agisse de charbons maigres ou d'anthracite, on cherchera à avoir de préférence des charbons criblés, d'assez petite grosseur, de 10 à 15 mil-

limètres par exemple, mais on ôtera soigneusement les fines, surtout dans les gazogènes Dowson.

En descendant toute la série des charbons, depuis l'anthracite jusqu'aux charbons bitumineux et aux lignites, on rencontrera des combustibles qui se prêtent de plus en plus difficilement à l'emploi dans les gazogènes à combustion directe, parce que les produits volatils deviennent de plus en plus abondants.

Si l'on veut employer la combustion renversée, on pourra venir à bout des combustibles très chargés en produits volatils.

Mais l'on n'obtiendra de bons résultats qu'en tant que leur proportion sera élevée.

D'autre part, une des plus grandes difficultés que l'on rencontre dans l'emploi des charbons gras et demi-gras, c'est la propriété qu'ont ceux-ci, par une sorte de transformation d'état, de gonfler et de se coller quand ils distillent à haute température.

Il se forme, ainsi, des voûtes, dans les gazogènes, qui s'opposent au passage des gaz et rendent le fonctionnement des appareils très mauvais. Souvent la masse se prend en un seul bloc dans la cuve, d'une façon analogue à ce qui se passe quand il se forme un loup dans un haut fourneau. La production de gaz est ainsi fort réduite.

Il semble, à ce sujet, que les gazogènes inclinés, type Siemens, se prêtent beaucoup mieux à cet usage que les gazogènes à cuve verticale, comme les gazogènes Dowson.

On emploie actuellement, dans des gazogènes Siemens, des charbons demi-gras et des charbons maigres mélangés, et l'on n'hésite pas à y charger des charbons tout-venants.

Ce sont des gazogènes moins délicats que les gazogènes Dowson. Il est plus facile d'y pousser le combustible, à coups de ringards et de briser, ainsi, les agglomérations qui se forment.

Enfin, comme les gaz de ceux-ci sont utilisés pour des fours, la présence, dans les gaz, de carbures et de goudrons est beaucoup moins désavantageuse.

En résumé, il semble que, pour un gazogène, les charbons les plus difficiles à employer sont encore ceux où la proportion des produits volatils atteint 15 0/0 à 20 0/0.

La marche en combustion renversée ne me semble pas suffisamment indiquée, pour une si faible proportion de produits volatils.

Elle a quelques inconvénients qui ne me sembleraient pas contrebalancés.

D'autre part, en marchant en combustion directe, si l'on veut du bon gaz, exempt de produits condensables, il faut installer, avec de semblable charbon, toute une épuration onéreuse et encombrante, qui fournit des produits dont l'industriel se passerait fort bien le plus souvent.

Enfin, malgré quelques essais et sauf peut-être les applications aux fours, je ne connais pas de gazogène employant bien les charbons tout venants et encore moins des gazogènes employant des fines.

Il y aurait un grand intérêt à faire des recherches dans ce sens. Les fines coûtent beaucoup moins cher que le charbon ou le coke criblé, et il ne semble pas que l'on n'ait à opposer à leur emploi des raisons bien péremptoires.

On utilise peu, en France, dans les gazogènes, d'autres combustibles tels que la tourbe et le bois.

Même les lignites n'ont pas donné, jusqu'ici, des résultats bien satisfaisants.

Il y a surtout des variétés de ces combustibles qui, à l'air, tombent en poussière et ont l'aspect de terre sèche.

Il est évidemment très difficile de faire traverser, par un courant d'air, une semblable masse, sous une épaisseur suffisante.

Si le courant d'air est violent et l'épaisseur réduite, il est probable qu'il se formera des cheminées et que l'on aura, comme gaz, de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau.

Quant à la tourbe, M. Lencauchez, dont on consultera avec le plus haut intérêt l'étude sur les combustibles, a, jadis, beau-

coup insisté sur l'utilité qu'il y aurait à traiter la tourbe, dans des gazogènes à combustion directe, en récupérant surtout le sulfate d'ammoniaque.

En outre, la combustion renversée doit fournir, avec la tourbe, une très bonne solution, et je crois que cela vaut mieux que de chercher, comme certains inventeurs, à faire du coke de tourbe, par analogie avec ce que je disais plus haut pour le bois et le charbon de bois.

L'expérience a montré que le bois brûlait d'une façon parfaite en combustion renversée, et j'en parlerai notamment avec les gazogènes de cette famille.

Je renvoie aux ouvrages spéciaux, pour fournir les pouvoirs calorifiques de la houille. Ils diffèrent, en somme, assez peu, cendres et eau déduites, et sont naturellement d'autant plus élevés que la houille contient plus de produits volatils.

Le pouvoir calorifique du carbone pur étant de 8.080 calories, celui des houilles ordinaires est généralement compris, cendres non déduites, entre 7.000 et 9.500 calories.

Pour les autres combustibles, la proportion d'eau a une importance capitale.

Les lignites valent entre 3 et 6.000 calories, la tourbe de 2.500 à 3.500 calories.

Quant au bois étuvé, son pouvoir calorifique est en général de 4.000 à 4.500 calories. A 30 0/0 d'eau, il est ramené à 2.800 calories environ.

CHAPITRE IV

LA GAZÉIFICATION DES COMBUSTIBLES

Pour qu'un combustible puisse s'allumer, il est nécessaire que la partie que l'on veut enflammer soit, d'abord, portée à une assez haute température, variable avec le combustible.

Comme conséquence naturelle, la partie du combustible qui brûle, ayant toujours, au préalable, été chauffée, a déjà subi certaines transformations.

Notamment, lorsqu'on chauffe un combustible, l'eau qui est contenue dans celui-ci est vaporisée et les produits volatils distillent.

Quand on veut traiter un combustible dans un gazogène, on a donc à s'inquiéter des produits qui se volatilisent et qui ne sont pas combustibles, comme la vapeur d'eau, de ceux qui sont combustibles, comme le gaz de ville, et du coke, qui ne peut être volatilisé par la chaleur et ne pourra être transformé en gaz combustible que par une combustion incomplète en oxyde de carbone.

Enfin, toutes ces parties ainsi transformées, il reste les impuretés du combustible, c'est-à-dire les cendres et les scories, qu'il faut éliminer.

Lorsque l'on fait la combustion dans un vase clos, une cornue par exemple, on ne peut recueillir que les deux premiers produits. Le coke reste dans la cornue.

C'est ainsi que l'on procède pour le gaz d'éclairage.

Tous ces produits ne sont pas, en général, d'un bon emploi.

D'abord, les vapeurs d'eau ne peuvent servir à rien. Il convient de les éliminer par condensation. D'autre part, on peut condenser d'autres produits, comme l'ammoniaque commerciale qui a une grande valeur, l'acide acétique, l'acide pyroligneux, etc.

Mais les produits les plus combustibles de la distillation, tels que les carbures d'hydrogène, se transforment en se refroidissant et donnent naissance à différents produits, qui ne sont pas tous volatils aux températures ordinaires.

C'est ainsi que l'on recueille les goudrons, les huiles lourdes, parafines, etc.

Il est certain que ces produits ont une grande valeur, généralement très supérieure à la valeur du gaz lui-même et qu'il est du plus haut intérêt de les recueillir.

Mais je n'examinerai pas ce sujet dans cet ouvrage, du moins d'une façon très sérieuse, parce que, dans un gazogène, d'après la définition que j'ai adoptée, l'on doit chercher à faire du gaz combustible, de préférence à d'autres produits.

Je parlerai d'ailleurs très sommairement des gazogènes de distillation en cornues, ainsi que je l'ai dit.

Dans un gazogène de gaz à l'eau, on cherche à produire la décomposition de la vapeur d'eau passant sur du carbone rouge, pour obtenir un gaz assez pur où les produits de la distillation viendraient, le plus souvent, se mélanger d'une façon fâcheuse, et l'on ne pourra utiliser les combustibles très riches en produits volatils qu'en marche renversée, comme je l'indiquerai plus loin.

Dans un gazogène ordinaire, Siemens et Dowson, où l'air est admis en bas du gazogène et où la combustion se fait de bas en haut, le combustible s'échauffe au fur et à mesure de sa descente dans le gazogène. Si l'on recueille les gaz produits au haut du gazogène, il faut donc s'attendre à y rencontrer, mélangés, la vapeur d'eau, les gaz de distillation et ceux pro-

duits par la combustion incomplète du carbone, enfin les gaz inertes, tels que l'azote et l'acide carbonique.

Il est certain qu'il y aura intérêt à employer des combustibles aussi secs que possible, puisque la volatilisation de l'eau qu'ils contiennent, constitue une perte nette.

Quant aux gaz de distillation, ils diffèrent essentiellement, suivant les températures auxquelles la distillation a été produite et les températures auxquelles ils ont été soumis après la distillation.

On peut faire varier cette température de différentes manières, en recueillant le gaz, à des hauteurs différentes, dans la masse du combustible.

En tous cas, le gaz combustible qu'il convient d'obtenir, soit pour des moteurs, soit pour le chauffage, quand les gaz doivent parcourir de longues conduites de distribution, doit être, autant que possible, dépourvu de tous produits pouvant se condenser.

Aussi, plus le combustible contient de produits volatils, plus il est nécessaire de mettre, à la sortie du gazogène, des appareils d'épuration dont le rôle est de refroidir les gaz et de retenir tous les goudrons que l'on pourra faire déposer.

Il y a là deux inconvénients.

Si l'on ne recherchepas à recueillir ces goudrons, ou d'autres sous-produits, ce qui constitue un cas tout particulier, que nous examinerons dans le chapitre XII, on a l'ennui de n'utiliser qu'une partie restreinte du combustible, puisque ce qui se condense, sous forme de goudron, constitue, en soi-même, un combustible fort riche que l'on n'a pas gazéifié.

L'autre inconvénient, c'est que les appareils d'épuration sont rarement parfaits et qu'ils coûtent cher, demandent une surveillance et un entretien et sont encombrants.

Dans ces conditions, il devient évident que les combustibles, bons à employer dans les gazogènes, sont, de préférence, ceux qui contiennent le moins de produits volatils.

Le combustible idéal, ce serait le charbon de bois et nous verrons qu'en songeant à faire un gazogène en quelque sorte

parfait, peu encombrant et peu lourd, pour voitures automobiles, c'est au charbon de bois qu'a songé, avec beaucaup d'à-propos, la maison Taylor.

En pratique, dans tous les gazogènes alimentant des moteurs à gaz et dans tous ceux, où le gaz n'est pas directement conduit à un four très voisin, on se borne, jusqu'ici, à employer les anthracites et encore, de préférence, le coke, c'est-à-dire les charbons dépourvus de produits volatils, ou les charbons artificiels, dont les produits volatils ont été retirés.

Pour les combustibles où la proportion des produits devient importante, il semble que la gazéification ne puisse être faite d'un façon convenable que par la combustion renversée.

LA COMBUSTION RENVERSÉE

On a essayé, à différentes reprises, d'employer des gazogènes dans lesquels la combustion se fasse de haut en bas, c'est-à-dire où l'alimentation de l'air soit au haut de la cuve.

Cette disposition présente des avantages considérables.

Il est certain que le déplacement d'un combustible, dans un gazogène, peut difficilement se faire autrement que par l'effet de la pesanteur. Le combustible marchera donc de haut en bas et, par conséquent, son chargement devra être fait par en haut.

D'autre part, quand un combustible arrive au contact de la zone de combustion, il distille.

En conséquence, les gaz de distillation se produisent au haut de la cuve.

Si donc le passage de l'air se fait de haut en bas et le chargement du combustible par le haut, la première couche de combustible, que je représente, en A, dans la figure schématique n° 2, distille et n'est pas encore assez chaude pour brûler.

La couche B, immédiatement inférieure, est celle où la combustion se fait.

Souvent, dans certains combustibles, surtout les plus oxygénés, les couches A et B sont en quelque sorte confondues, ou, pour mieux dire, la couche A a une épaisseur infime, et la distillation se fait en même temps que la combustion dans la couche B, surtout si l'on n'a pas le soin de n'introduire l'air qu'entre les zones A et B.

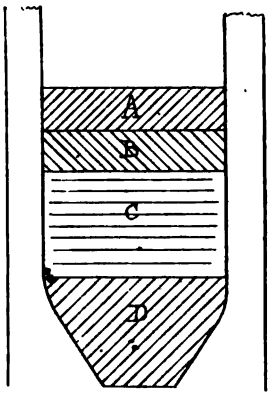


Fig. 2. — Combustion renversée. Disposition des couches de combustible.

En tout cas, il y a, au-dessous de cette dernière, une couche C, beaucoup plus importante, où le combustible est à l'état de coke rouge, dont la température va en décroissant de haut en bas.

Cette couche est réductrice. L'acide carbonique qui la traverse, se transforme en oxyde de carbone. Les goudrons et la vapeur d'eau se décomposent et donnent aussi de l'oxyde de carbone, de l'acide carbonique, de l'hydrogène et quelques carbures très volatils, notamment du méthane en proportions variables suivant la température. En un mot, l'épuration chimique des gaz se parfait.

Au-dessous de cette couche C, est une couche D où la température est encore plus basse et où aucune réaction chimique ne peut plus se faire. Elle aboutit au cendrier.

On comprend facilement l'avantage qu'il y a à faire ainsi passer l'air de haut en bas.

J'ai montré combien de précautions il fallait prendre dans un gazogène ordinaire pour empêcher le gaz pauvre de se mélanger à des gaz de distillation, riches en goudron et en eaux ammoniacales. Ici, par la marche renversée de la combustion, ces produits de distillation traversent la zone de combus-

tion et la zone du coke rouge et se trouvent ainsi transformés. Le gaz est épuré et peut être directement employé.

Il est donc tout naturel que beaucoup d'inventeurs aient préconisé cette marche de la combustion.

Malheureusement, il y a un grand inconvénient causé par l'encombrement que les cendres procurent.

Celles-ci, entraînées par leur poids, marchent aussi de haut en bas. Elles se produisent surtout là où la combustion est la plus vive. Aussi, au lieu de se produire tout à fait en bas, comme dans les gazogènes ordinaires, les cendres se produisent surtout en haut dans les gazogènes à combustion renversée. Le résultat est que les cendres sont en forte proportion dans la zone C et constituent les deux tiers de la masse dans la zone D.

Il y a un second inconvénient, c'est que ces cendres entraînent du combustible distillé, mais non complètement brûlé.

On conçoit, en effet, que le combustible au rouge, qui est en C, rencontre, à mesure qu'il descend, des zones où les gaz sont de plus en plus réducteurs. Il ne peut donc plus brûler quand il arrive en D, dans une zone où il n'y a plus d'oxygène, et où la température est basse. Il est fatalement entraîné avec les cendres.

Dans un gazogène ordinaire, c'est le contraire qui se produira. C'est près du creuset, au bas de la zone D, là où le charbon est plus riche en cendre qu'il rencontrera l'air pur venant de la soufflerie, et que ce qui pourra rester de combustible dans les cendres se trouvera à la température maxima du gazogène et brûlera facilement.

Ainsi qu'on le voit, il est donc impossible que, dans un gazogène à combustion renversée, le combustible soit intégralement brûlé.

Faut-il en conclure que les gazogènes de cette espèce doivent être pour cette raison éliminés?

Cela dépend des circonstances économiques.

S'il est très important d'avoir, avec un appareil simple, du gaz pur, que l'on puisse employer sans épuration dans un

moteur, et que le combustible ne coûte pas cher, ces appareils peuvent rendre les plus grands services.

Toutefois, faut-il noter que, quelque précaution qu'on prenne, le courant gazeux doit emporter une forte proportion de cendre et qu'il faudra procéder à une épuration physique. Mais ces cendres sont lourdes et sont facilement arrêtées dans un scrubber, qui est, d'ailleurs, toujours nécessaire à la suite d'un gazogène quel qu'il soit.

Si l'on peut facilement retirer des cendres, par un procédé de triage, les morceaux de coke non brûlés, on peut remédier à l'inconvénient signalé plus haut et le combustible sera entièrement utilisé.

C'est ce qui se produit d'une façon parfaite en employant le bois comme combustible. Les cendres du bois étant très assez fines, alors que les morceaux de charbon de bois sont encore gros, il est facile de les séparer.

Il est à craindre, dans les houilles surtout, quand elles sont impures et doivent donner beaucoup de scories, qu'il soit trop coûteux de séparer de celle-ci, les cokes non brûlés, d'autant plus que, par comparaison avec ce qui se produit pour le bois, il faille évaluer, au tiers du produit solide du combustible, la quantité qui sera entraînée avec les scories.

Cependant il ne semble pas impossible, avec une bonne disposition des grilles du gazogène, d'évacuer les cendres tout en laissant dans le gazogène les cokes, qui devront en fin de compte brûler et de réduire ainsi très notablement le déchet.

D'autre part, on a songé à produire, au bas du gazogène, une seconde zone de combustion, pour brûler ce qui reste adhérent aux scories, mais, sous réserve des essais, il ne me semble pas que l'idée soit bonne.

Il faudrait, en effet, relever, de 400 à 500°, la température de ce qui sort du gazogène. Ce serait presque en pure perte, puisque les gaz, au lieu de sortir à basse température, après avoir franchi la zone D, se trouveraient ainsi échauffées à 1000° environ, qu'il en serait de même des cendres et que ce double déchet consommerait vraisemblablement toute l'énergie poten-

tielle que le charbon, épars dans les cendres, pourrait contenir, au cas bien entendu où il voudrait bien brûler.

Je suivrai, avec le plus grand intérêt, tous les essais qui se feront dans ce sens.

Entre la combustion directe, parfaite pour les charbons très riches en carbone, et la combustion renversée, qui seule semble convenir aux combustibles riches en produits volatils, on a cherché à employer des procédés intermédiaires permettant de bénéficier des avantages de deux systèmes.

On a d'abord pensé qu'en employant la combustion directe, il pouvait suffire de recueillir les gaz, à un niveau très bas, dans la colonne de combustible, pour avoir obligé les produits de distillation à traverser, de haut en bas, une partie des charbons déjà transformés en coke et portés au rouge, de telle sorte qu'il y ait, en quelque manière, combustion directe dans la partie basse, distillation renversée dans la partie haute.

On a employé cette distillation renversée, isolément, en cornues, ce que je montrerai dans le gazogène Riché.

L'inconvénient de ce procédé, c'est que le gaz que l'on fait sortir du gazogène est nécessairement à très haute température, puisqu'il est emprunté à la zone du combustible au rouge.

Cela n'a pas d'inconvénient, quand il s'agit du chauffage d'un four, sous réserve de l'emploi de régénérateurs, comme je le dirai dans le chapitre XIII. Il n'en est pas de même, quand on doit refroidir les gaz à la sortie du gazogène.

C'est dans ce type de gazogènes qu'il faut ranger les gazogènes à barrage, comme ceux très remarquables qu'a installés M. Lencauchez.

Quelques-uns ont pensé qu'il serait peut-être bon de faire traverser, au gaz de distillation, les parties les plus chaudes du foyer et que, dans ces conditions, il ne suffisait pas que les gaz de distillation redescendent la couche du combustible jusqu'à la hauteur de la prise de gaz, mais qu'il était préférable qu'ils soient conduits sous le foyer et traversent la couche de combustion.

Il fallait, dans ce cas, intervenir dans les mouvements des gaz. C'est ce que M. Genty, en particulier, a cherché à réaliser avec son gazogène.

GAZOGÈNES A DEUX CUVES

La meilleure solution, d'une façon indiscutable, qui ait été donnée, pour réduire les gaz de la distillation et décomposer les goudrons, est certainement celle des gazogènes à deux cuves, dans lesquels on opère par renversement.

De même que les régénérateurs sont infiniment supérieurs aux récupérateurs, mais sont très encombrants, très onéreux, et que le renversement du sens du courant gazeux est une grave sujétion, de même les gazogènes à double cuve présentent tous ces inconvénients, mais donnent une solution idéale et parfaite pour l'emploi des combustibles les plus chargés de produits volatils et dans lesquels on peut même mélanger des goudrons, des schistes, etc.

L'appareil se compose de deux cuves. L'air pénètre au bas de la première, qui est chargée de combustibles frais, au moins dans sa partie supérieure. La combustion s'y fait de bas en haut. Elle se complète même quelquefois, en haut, par une nouvelle rentrée d'air, comme M. Thwaite l'a si heureusement imaginé, et les gaz de la combustion aboutissent ainsi au sommet de la seconde cuve.

Pendant la période précédente, c'était cette seconde cuve qui recevait l'air et où la combustion se faisait, de telle sorte que, maintenant, cette cuve est remplie de coke au rouge. En outre, les parois ont accumulé une quantité énorme de chaleur, et, quand les gaz de la combustion traversent à nouveau de haut en bas, ils passent, successivement, au travers de couches de coke de plus en plus chaudes, de plus en plus convenables à la réduction et à la décomposition des goudrons qui s'échauffent et se transforment au fur et à mesure.

Si, dans les deux cuves, les colonnes de combustible sont très hautes, l'opération est parfaite, quelle que soit la nature du combustible.

On a essayé d'éviter les grands ennuis que causent la manœuvre des vannes, qui permettent le changement du sens du courant gazeux et le défaut, inhérent à la périodicité de ce mouvement, de donner un gaz de qualité variable également par période. On a cherché à ce que le sens de la combustion reste le même, une des cuves étant utilisée constamment à la combustion, l'autre ne servant qu'à la réduction.

Il ne me semble pas que l'on ait obtenu ainsi de bien bons résultats.

L'inconvénient est la difficulté qu'il y a à tenir suffisamment chaude la colonne de réduction.

C'est qu'en effet les réactions qui s'y produisent sont endothermiques.

Comme la seule source de chaleur est la haute température des gaz qui sont introduits, cette température s'abaisse vite dans la colonne de réduction, et la zone utile est ainsi très réduite.

Ce qui rend excellente l'action de la seconde cuve dans les gazogènes réversibles, c'est précisément l'échauffement périodique du coke qui est formé dans cette cuve pendant la durée de la combustion.

En outre, comme je viens de le dire, dans ces périodes, les parois s'échauffent vivement et restituent cette chaleur d'une façon très utile dans les périodes de réduction.

Ceci est tellement évident que, lorsqu'on marche avec des gazogènes réversibles, on est obligé de renverser la marche très fréquemment parce que, au bout d'un temps variable mais encore assez court, dix minutes au plus, la colonne de réduction n'est plus assez chaude et n'agit plus bien.

Aussi, je crois que toutes les tentatives de gazogènes, avec des colonnes de réduction indépendantes, chauffées seulement par les chaleurs perdues, sont destinées à n'avoir aucun succès.

CHAPITRE V

LE POUVOIR CALORIFIQUE

J'ai montré, dans le chapitre II, que la combustion d'un combustible peut se faire d'un très grand nombre de manières.

Elle consiste essentiellement en l'action de l'air sur le combustible. L'oxygène joue un rôle prépondérant, mais cependant l'azote et l'acide carbonique de l'air, ainsi que la vapeur d'eau qui y est jointe, peuvent avoir une influence accessoire en des réactions complexes et modifier ainsi la qualité des produits de la combustion. La vapeur d'eau a notamment un rôle assez important dans les combustions lentes et ces réactions chimiques sont très différentes de celles qui se produisent dans les combustions vives.

D'autre part, la combustion est plus ou moins complète, et les produits peuvent être ainsi très différents non seulement en quantité, mais comme composition chimique.

Il est donc impossible de dire, d'une façon précise, quel est le produit de la combustion d'un combustible déterminé.

D'ailleurs, les chaleurs mises en œuvre sont différentes, non seulement suivant la composition chimique des produits obtenus, mais suivant l'état physique où ces produits sont recueillis et les conditions où le phénomène s'est produit.

Il semble cependant nécessaire de pouvoir définir le pouvoir calorifique d'un combustible, ne serait-ce qu'afin de pouvoir comparer différents combustibles entre eux.

Cette notion du pouvoir calorifique est toute conventionnelle. Malheureusement, dans le monde savant, on ne s'est pas mis d'accord sur le choix des conditions dans lesquelles il convenait de l'évaluer.

Pour bien montrer la difficulté, je vais chercher à simplifier le problème.

On peut d'abord supposer l'air composé uniquement d'oxygène et d'azote, c'est-à-dire le prendre parfaitement sec et débarrassé d'acide carbonique, et considérer que l'azote ne joue que le rôle d'un corps diluant. C'est admettre que la combustion d'un corps se borne à l'oxydation des éléments qu'il contient.

On peut encore choisir, parmi les oxydes, les plus stables aux températures et pressions habituelles, c'est-à-dire supposer que tout le carbone se transforme en acide carbonique et tout l'hydrogène en eau, ainsi que le soufre en acide sulfureux.

Cette hypothèse ne peut pas être admise sans réserve, vu qu'il semble que du carbone ne peut pas brûler sans qu'il y ait une proportion, si infime soit-elle, d'oxyde de carbone dans les produits de la combustion, et que le soufre donne, en présence de la vapeur d'eau, de l'acide sulfurique. Mais, en adoptant cette hypothèse, on se trouve faire choix pour le carbone et l'hydrogène de l'ensemble des combinaisons les plus exothermiques et, par suite, si le pouvoir calorifique que l'on choisit, ne peut jamais être réellement atteint par le combustible, il est, en quelque sorte, un maximum qui ne peut pas être dépassé.

Enfin, puisque l'état physique de chacun des produits de la combustion peut être déterminé, quand on connaît deux des variables, pression spécifique, volume spécifique, et température du corps, il semblerait raisonnable de choisir deux de ces quantités, pour l'air et le combustible considérés avant la combustion, et de ramener les gaz brûlés à ces deux mêmes valeurs des semblables variables, après la combustion.

C'est ainsi que l'on évalue le pouvoir calorifique sous pres-

sion et température constantes, sous température et volume constants, et qu'on pourrait les imaginer sous volume et pression constants, comme j'ai été amené à le faire dans la théorie des moteurs à gaz.

Jusqu'ici, l'accord semble parfait entre les différents laboratoires, mais les divergences s'accusent, ensuite, au moins de deux manières.

Il s'agit, d'abord, du choix des deux variables, dont deux seraient constantes au début et à la fin de l'opération. On est d'accord pour choisir, pour l'une d'elles, la température. On doit, d'ailleurs, s'y obliger en toute rigueur, car la notion de température est des plus précaires, et la comparaison de deux températures semble, dans l'état actuel de la physique, ne pas pouvoir être établie d'une façon absolue.

On compare, en effet, en général, les températures d'après le thermomètre. Mais c'est une hypothèse absolument gratuite que d'admettre que l'on peut évaluer les températures par la dilatation.

C'est qu'en effet la température absolue n'est déterminée, en thermo-dynamique, que par le théorème de Carnot, c'est-à-dire par le rapport des quantités de chaleur qui peuvent être mises en liberté à température constante, entre deux adiabatiques, à une température de base et à la température considérée. Et aucune expérience sérieuse, au moins pour les températures élevées ou très basses, n'est venue montrer que l'échelle que l'on avait adoptée, en se basant sur les dilations, était l'échelle convenable.

Pour éviter toute cause d'erreur, ou au moins d'incertitude, il semble donc préférable d'évaluer le pouvoir calorifique à température constante.

Il est, d'ailleurs, déjà très difficile de réaliser une température constante quand on s'écarte de la température habituelle du laboratoire, et il vaut mieux faire choix, pour les essais, de la température moyenne, quitte à ramener, par le calcul, le pouvoir calorifique à une température bien déterminée, comme

celle de la glace fondante, ainsi qu'il est procédé très fréquemment.

C'est qu'en effet, si la durée d'un phénomène, ou il se produit, ou s'absorbe de la chaleur, n'est pas excessivement longue, il est difficile d'avoir une température homogène dans une masse et les thermomètres ne peuvent pas être mis, d'une façon complète, à l'abri du rayonnement des sources extérieures.

En outre, si la température est obtenue artificiellement, en faisant bouillir un liquide, par exemple, il est à craindre que les thermomètres, placés dans la vapeur, n'indiquent une température trop haute, si cette vapeur est surchauffée, et que, placés dans le liquide, ils ne soient chauffés par le foyer, ou influencés par les courants montants ou descendants des liquides chargés de bulles gazeuses, ou entraînés par le refroidissement. Il y a ainsi des écarts, des inégalités de température dues au refroidissement des parois et la température moyenne relevée s'écarte sensiblement de la température admise pour l'ébullition.

Faut-il, pour seconde variable, prendre constante la pression ou le volume ?

Je préfèrerais choisir la pression. C'est qu'en effet le produit d'une combustion est généralement gazeux, et c'est à la pression atmosphérique que je puis l'évacuer, sans qu'il doive fournir aucun travail extérieur, si les gaz sont ramenés, en même temps, à la température de l'enceinte.

Ici encore, fidèle aux mêmes principes, je crois qu'il convient d'évaluer le pouvoir calorifique en cherchant à établir quelle est la quantité maxima de chaleur qu'un corps peut fournir, en brûlant au contact de l'air, en fournissant des produits stables.

Mais encore faut-il qu'à la fin de l'opération les gaz brûlés soient dans un état tel que l'on puisse les évacuer dans l'atmosphère et c'est précisément ce qui ne se rencontre pas lorsque l'on fait la combustion dans une bombe, c'est-à-dire sous volume constant.

Si le combustible est gazeux, il se contracte en brûlant, et les gaz brûlés, refroidis, sont à une pression inférieure à la pression atmosphérique, de sorte que, pour les évacuer, il y a lieu d'emprunter un travail extérieur.

Si le combustible donne, au contraire, comme le charbon, des gaz de volume supérieur à l'air employé, il restera, dans le vase clos, à la température de l'expérience, des gaz comprimés, contenant une puissance latente que la combustion a fournie et qui ne peut être recueillie que sous forme de travail.

En prenant le pouvoir calorifique sous volume constant, je trouverai donc un chiffre qui me représentera une énergie différente de celle que je pourrais obtenir industriellement par la combustion du corps, et c'est pourquoi je préfère adopter, comme pouvoir calorifique, celui obtenu à la température et à la pression ordinaires de l'atmosphère.

Il est bien évident qu'il faut se rapporter à une température et à une pression de convention, par exemple 15° et 760 millimètres.

Un autre avantage du choix de la pression constante est qu'il est facile de passer du pouvoir calorifique à pression constante au pouvoir calorifique à volume constant, parce que le travail à fournir est facile à calculer, tandis que, quand la combustion est faite sous volume constant, il est plus délicat de connaître la pression résiduaire et la correction nécessaire. Cependant, beaucoup de mesures ont été faites sous volume constant dans des appareils de mesure, bombe de Mahler, bombe de Witz, qui sont d'une manipulation très commode, ce qui n'est pas un avantage à négliger et il ne faut pas s'exagérer l'intérêt de l'exactitude absolue de semblables mesures.

Rigoureusement, ce qu'il conviendrait de mesurer, c'est l'énergie latente que la combustion développe. Il y aurait donc lieu de noter, à côté du pouvoir calorifique à pression constante, le travail positif ou négatif, occasionné par le changement de volume sous la pression atmosphérique.

Là où les opinions sont le plus partagées, c'est au sujet de

l'état physique dans lequel doivent être amenés les corps brûlés.

Dans les tables de thermochimie, on indique les chaleurs de combustion avec les différentes valeurs obtenues quand les produits de la combustion sont à l'état gazeux, solide ou liquide; mais, dans la pratique, on adopte généralement, comme pouvoir calorifique, l'une de ces hypothèses. L'acide carbonique, notamment, est toujours considéré à l'état gazeux, mais il n'en est pas de même de l'eau.

En France, on évalue le pouvoir, en ramenant l'eau à l'état liquide, dans lequel on le rencontre à la température normale d'expérience. En Angleterre et en Allemagne, on estime la vapeur non condensée et on déduit, du pouvoir calorifique, la chaleur latente de vaporisation.

Il semble d'abord que ce mode de procédé n'est pas judicieux, car, ainsi que je le disais plus haut, le pouvoir calorifique est une valeur conventionnelle que l'on ne peut pas obtenir dans les combustions industrielles et il semble rationnel d'évaluer, dans ce pouvoir, toutes les calories que la combustion aura produit, celles-ci fussent-elles employées à la vaporisation de l'eau ou à un travail extérieur. Mais si, en théorie, la solution que je préconise me semble préférable, l'eau ne se rencontrant pas à l'état de vapeur à la température de laboratoire, cette évaluation du pouvoir calorifique présente, en pratique, de grands inconvénients.

Une vive discussion s'est élevée, à ce sujet, entre M. Witz, représentant les idées généralement adoptées en France, et M. Meyer.

Celui-ci objecte que jamais, quand on brûle des gaz dans un moteur, ou pour chauffer un four, les produits ne sont abandonnés dans des conditions telles que l'eau se trouve à l'état liquide et la chaleur latente de vaporisation, qui chiffre d'une façon très appréciable, ne pourra jamais, de fait, être utilisée. Il est donc illusoire, selon lui, d'évaluer, à 1.500 calories par exemple, le pouvoir calorifique d'un gaz, où la chaleur latente figurerait elle-même pour 200 calories.

Comparons, en effet, un gaz formé principalement d'oxyde

de carbone et un gaz mélangé d'acide carbonique et d'hydrogène, les deux mélanges étant faits dans des proportions telles que le pouvoir calorifique, comme nous l'établissons en France, soit équivalent.

Si ces gaz sont employés de façon à ce qu'ils sortent d'un four, ou d'un moteur, à une température analogue, ils donneront cependant un résultat très différent. S'ils sortent à 500°, par exemple, les premiers ne conserveront à l'échappement que 500 fois leur chaleur spécifique, soit environ 160 calories par mètre cube, tandis que, si les seconds sont formés en très grande partie d'hydrogène, ils contiendront par mètre cube en plus de ces 160 calories, environ 180 calories dues à la chaleur latente de volatilisation.

L'argument que je présente ici, par cet exemple, est évidemment très puissant. Il demande d'attirer l'attention et les constructeurs de moteurs à gaz feront bien, quand ils devront prendre des engagements garantissant un travail déterminé, pour un pouvoir calorifique déterminé des gaz fournis, de s'inquiéter de la composition de ces gaz. Il est certain que, si 2 grammes d'hydrogène donnent, en brûlant, en eau condensée, 69 calories, ils ne donnent en vapeur d'eau que 58 calories et que, si le premier chiffre est bien le pouvoir calorifique de l'hydrogène, tel que nous le définissons en France et tel qu'il me semble judicieux de l'adopter, le second chiffre, seul, peut nous fixer sur l'emploi de l'énergie latente du combustible qui peut être fait dans un moteur.

Aussi M. Meyer s'insurge-t-il contre la définition que nous donnons, en France, du pouvoir calorifique et dit qu'elle ne sert qu'à tromper sciemment l'usager.

En résumé, il est bon de connaître ce que l'on appelle le pouvoir calorifique maximum, celui adopté en France, vapeur d'eau condensée, et le pouvoir calorifique minimum, afin de ne pas se laisser illusionner par les chiffres du premier. D'autre part, il ne semble pas que le second puisse être préféré. Car il n'y a aucune impossibilité à ce que, plus tard, dans les appareils industriels, on ne puisse récupérer la chaleur latente

de la vapeur d'eau. Il n'y a pas là de déchets nécessaires.

L'on échappe les gaz des moteurs à des températures élevées, parce que les compressions préalables se font adiabatiquement. Si elles se faisaient isothermiquement, comme M. Vermand l'a préconisé, l'échappement pourrait se faire à la pression atmosphérique et à la température atmosphérique, auquel cas la vapeur serait condensée.

De même, dans un four, les gaz s'en vont par la cheminée de 150 à 200°, mais il n'est pas certain que la récupération de la chaleur ne sera pas, tôt ou tard, poussée plus loin et que l'on n'adoptera pas le tirage artificiel. Dans ces conditions, la vapeur pourrait être condensée, et la chaleur latente utilisée ou récupérée.

Que devrait-on penser d'un gaz dont le pouvoir calorifique indiqué serait 1.000 calories et dont la combustion pourrait fournir 1.050 calories? Il semble plus judicieux de dire que le pouvoir calorifique d'un tel gaz est de 1.050 calories, mais de bien noter que les produits de la combustion comportent une proportion de vapeur d'eau non condensable dans l'emploi industriel et qu'il ne faut compter que sur 1.000 calories au maximum dans la pratique.

On est souvent tenté, en considérant le pouvoir calorifique d'un combustible, de penser que, toutes choses égales d'ailleurs, sa combustion produira une température d'autant plus élevée que ce pouvoir est lui-même plus grand.

Ceci serait évidemment exact, si l'on brûlait, dans la même enceinte, avec une quantité suffisante d'air, une même quantité de chaque combustible examiné. Mais, avec le gaz de gazogène, qui est le combustible qui nous intéresse le plus, et surtout lorsque l'on tient à obtenir les températures les plus élevées, il convient de n'employer à la combustion que la quantité rigoureusement nécessaire d'air comburant, de façon à échauffer le moindre volume de gaz.

Dans ces conditions, le pouvoir calorifique seul ne donne pas du tout la notion de la température que l'on veut obtenir.

Il faut, au contraire, examiner la composition chimique du combustible.

En d'autres termes, pour connaître la température que l'on peut espérer obtenir, il faut envisager, à quantité égale, non pas la richesse du combustible, mais la richesse du mélange tonnant formé par le combustible uni à la quantité de comburant qui lui est nécessaire.

C'est ainsi que, dans un ouvrage récent, je montrais que lorsque l'on brûlait, dans un moteur à gaz, du gaz de ville, pris à 5.300 calories, il fallait employer, en moyenne, $6^{mc},50$ d'air par mètre de gaz et que le pouvoir du mélange tonnant par mètre cube était ainsi de :

$$\frac{5.300}{7,5} = 707 \text{ calories.}$$

Tandis que, pour le gaz de haut fourneau riche à 950 calories, la proportion d'air adoptée pouvait être de $0^{mc},8$ et le pouvoir calorique de 1 mètre cube de mélange se trouvait :

$$\frac{950}{1,8} = 528 \text{ calories.}$$

C'est ainsi qu'avec deux mélanges, où la richesse des gaz varie dans la proportion de 6 à 1 le pouvoir calorifique du mélange varie seulement de 4 à 3, c'est-à-dire excessivement peu.

Examinons donc quelle en est la raison.

Les gaz combustibles qui se trouvent dans un gaz de gazogène, sont ou de l'oxyde de carbone, ou de l'hydrogène, ou des carbures d'hydrogène, et ceux-ci sont dilués dans de l'azote et de l'acide carbonique, gaz inertes.

Il est à remarquer d'abord que l'air lui-même contient en volume 79 0/0 d'azote, c'est-à-dire de corps inerte, qu'il faut un volume d'oxygène, et, par suite, 5 volumes d'air, dans lesquels il y a déjà 4 volumes d'azote, pour brûler 2 volumes d'oxyde de carbone. On conçoit donc facilement que, si la puissance du

gaz combustible est amoindrie par une certaine proportion d'azote et d'acide carbonique, une semblable quantité de gaz inerte, ajoutée ou retranchée a une influence bien moins grande sur la puissance du mélange tonnant.

C'est le cas qui se présente pour les gaz de gazogène type Siemens et type Dowson, et pour les gaz de haut fourneau.

Par exemple, si on compare 1 mètre cube d'oxyde de carbone, avec 1 mètre cube de gaz dont moitié d'oxyde de carbone, moitié d'azote, le pouvoir du second sera moitié du pouvoir du premier et le pouvoir du mélange tonnant formé avec ces deux gaz, et toujours évalué par mètre cube, sera dans le rapport de 10 à 8,6.

Il en est encore de même pour l'hydrogène, d'une façon moins frappante, puisque 1 mètre cube d'hydrogène ne nécessite, pour sa combustion, qu'un demi-mètre cube d'oxygène, c'est-à-dire 2 mètres cubes et demi d'air.

Une seconde remarque qu'il est bon de faire, c'est que le pouvoir calorifique de l'hydrogène est, à volume égal, excessivement voisin du pouvoir calorifique de l'oxyde de carbone.

En effet, 2 grammes d'hydrogène brûlent, en abandonnant 69 calories, la vapeur étant condensée, et 28 grammes d'oxyde de carbone, se transformant en acide carbonique, produisent $68^{cal},2$.

Ceci fait tout de suite voir que, lorsqu'on examinera un gaz dont on aura la composition en volume, on pourra additionner les quantités d'oxyde de carbone et d'hydrogène pour évaluer sommairement le pouvoir calorifique. Ce sera particulièrement utile, là où le méthane ne figure qu'à l'état de trace, les autres corps contenus dans le gaz combustible étant des gaz inertes.

Les carbures, en quantité appréciable, modifient très rapidement le pouvoir calorifique.

On peut simplifier la recherche du pouvoir calorifique, pour

les évaluations rapides, dans un gaz où ils figurent, en négligeant les chaleurs de formation des carbures eux-mêmes de leurs éléments et en ne tenant compte que du pouvoir calorifique même des éléments. C'est qu'en effet ces chaleurs de formation sont très petites par rapport aux chaleurs de combustion et, par conséquent, sans grande influence. En outre, elles sont tantôt positives, tantôt négatives et souvent se détruisent mutuellement.

Quelques centièmes de méthane, ou d'éthylène, suffisent pour enrichir beaucoup un gaz. C'est qu'en effet, dans un même volume, l'un contient autant de carbone, l'autre le double de carbone, que l'oxyde de carbone et le pouvoir calorifique du carbone pour 12 grammes est de $94^{cal},3$, presque une fois et demie supérieure à celui de l'oxyde de carbone. En outre, ces gaz contiennent la quantité d'hydrogène qui fournirait 2 volumes, de sorte que le pouvoir calorifique du méthane peut être ainsi évalué à 232 calories et celui de l'éthylène à 326.

Réellement, en tenant compte des chaleurs de formation, les deux chiffres à adopter doivent être 213 et 341 calories.

On voit ici que les écarts sont de 5 0/0 environ, chiffre généralement inférieur aux erreurs possibles des proportions de ces corps reconnus dans les gaz à examiner, et que tous deux sont d'ailleurs en sens contraire.

La méthode indiquée a d'ailleurs l'avantage de pouvoir s'appliquer à tous les carbures d'hydrogène.

On voit encore qu'à volume égal, l'éthylène est 5 fois plus riche que l'oxyde de carbone et l'hydrogène, le méthane 3 fois plus riche.

Dans la presque totalité des gaz de gazogène, on ne trouve, comme gaz combustible, que l'oxyde de carbone, l'hydrogène et le méthane. Il sera facile d'évaluer rapidement ce pouvoir calorifique, par mètre cube, en additionnant le pourcentage de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène, et celui multiplié par 3 du méthane, et en multipliant le chiffre ainsi obtenu, par le pouvoir calorifique d'un mètre cube d'hydrogène à zéro et à 760 millimètres, c'est-à-dire par 3.090 calories.

Ainsi, par exemple, un gaz composé de :

Acide carbonique	10,70
Oxyde de carbone	17,90
Méthane	3,10
Hydrogène	17,60
Azote	50,70
TOTAL	100,00

pourra être considéré comme ayant 44,8 0/0 d'éléments combustibles de richesse égale à celle de l'hydrogène, ce qui donnerait à 0°, 1.384 calories, soit environ 1.345 à la température habituelle de 15°.

Si une proportion de méthane augmente le pouvoir calorifique 3 fois plus qu'une proportion égale d'oxyde de carbone, ou d'hydrogène, un volume de méthane nécessite, pour la combustion, 2 volumes d'oxygène, soit 4 fois plus que pareil volume d'oxyde de carbone et d'hydrogène et le pouvoir du mélange tonnant se trouve ainsi fort réduit. Il faut, en effet, 10 volumes d'air pour brûler 1 volume de méthane. Il en faudrait 15, pour 1 volume d'éthylène.

En résumé, le mélange tonnant, composé uniquement de 1 volume de méthane et de 10 volumes d'air, contiendrait, au mètre cube, environ 867 calories. Le mélange tonnant convenant pour l'éthylène, 954 calories, et le mélange d'un volume d'oxyde de carbone ou d'hydrogène, avec les 2 volumes et demi nécessaires à la combustion, aurait un pouvoir calorifique de 883 calories au mètre cube, chiffres extrêmement voisins. On peut, toutefois, y remarquer, en considérant l'hydrogène et le méthane, que le pouvoir calorifique d'un gaz de 3.000 calories a beau être bien inférieur à celui d'un gaz de 9.000 calories, il n'en est pas moins vrai que le mélange tonnant formé par le premier est plus riche que celui formé par le second.

De tout ceci, il résulte que ce qui est de la plus grande importance, lorsque l'on recherche, soit dans un moteur, soit dans un appareil de chauffage, des mélanges riches, ce n'est pas du tout d'avoir des gaz de distillation riches en carbures, puisque

l'hydrogène et l'oxyde de carbone donnent d'aussi bons résultats. Ce qu'il faut, c'est réduire la proportion d'azote et d'acide carbonique, dans les gaz provenant des gazogènes ordinaires et la proportion d'acide carbonique, dans le gaz à l'eau.

Malheureusement, si l'on peut se débarrasser de l'acide carbonique, en faisant barboter le gaz dans un lait de chaux, l'on ne possède aucun moyen de se débarrasser de l'azote.

Aussi faut-il rechercher, avec le plus grand soin, les appareils qui permettraient de faire ce triage dans l'air, avant d'introduire celui-ci dans le gazogène et pour l'air secondaire nécessaire à la combustion.

On a fait des tentatives en ce sens dernièrement, notamment avec l'appareil Mazza. On ne peut pas, je crois, se prononcer encore sur leur chance d'aboutir.

Il y a lieu de noter quelques pouvoirs calorifiques :

Un kilo de carbone, brûlant en oxyde de carbone, fournit 2.473 calories.

Pour un volume d'oxyde de carbone (22 litres $\frac{1}{2}$), il y aurait eu 26,1 calories.

Brûlant en acide carbonique, un kilo de carbone donne 8.080 calories. Pour un volume d'acide carbonique, 94,3.

De cette sorte, la combustion, en acide carbonique, d'un volume d'oxyde de carbone fournit 68,2 calories.

Pour l'hydrogène, 1 kilogramme, brûlant en eau condensée, donnerait 34.462 calories ; en vapeur d'eau ramenée à 0°, 29.160 calories.

On remarque, ici, que la différence est considérable, elle atteint près de 16 0/0.

Pour un volume de vapeur d'eau, non condensée à 0°, on aurait obtenu 58,3 calories (2 grammes d'hydrogène).

De ces données, on peut déduire :

$$H^2O + C = H^2 + CO \quad - 32,1 \text{ calories}$$
$$2H^2O + C = 2H^2 + CO^2 \quad - 22,1 \quad -$$

qui montrent l'influence endothermique des réactions de la vapeur d'eau sur le carbone.

Je ferai remarquer que j'emploie, sans hésiter, et de préférence, ici, les pouvoirs calorifiques minima (vapeur d'eau non condensée). Ce sont ceux qu'il y a lieu de considérer, puisque l'eau est fournie à l'état de vapeur, en général, au gazogène.

CHAPITRE VI

LES APPAREILS DE DISTILLATION

Je parlerai très succinctement des appareils servant à produire du gaz par distillation.

D'abord, comme je l'ai dit, il est douteux qu'on puisse les intituler gazogènes. Ensuite, le but de cet ouvrage n'est pas de traiter une question si brillamment et si complètement exposée dans des ouvrages spéciaux, et pour laquelle ma compétence serait insuffisante.

Je ne décrirai donc pas les appareils de distillation de la houille et du bois.

Ce qui distingue le gaz de distillation, comme le gaz à l'eau, c'est l'absence de l'azote, qui provient de ce que ces gaz sont obtenus sans le concours direct de l'air et, par conséquent, ne sont pas les produits d'une combustion incomplète, comme le gaz pauvre.

Les gaz de distillation, une fois épurés, débarrassés des eaux ammoniacales et de différents produits non combustibles sont, en général, formés, pour la plus grande partie, de carbures d'hydrogène, d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'acide carbonique.

C'est la présence des carbures d'hydrogène qui les distingue nettement du gaz à l'eau.

Ces carbures donnent, aux gaz de distillation, un pouvoir

calorifique extrêmement élevé ; il peut atteindre 12.000 calories au kilogramme.

Jusqu'à ces dernières années, ces gaz ont été particulièrement recherchés pour l'éclairage, parce que, seuls, ils avaient un pouvoir éclairant puissant. Ils ont été employés, aussi, en même temps, pour le chauffage et pour la production de la force motrice, mais, à ce point de vue, leur emploi a toujours été fort onéreux.

Il semble aujourd'hui que ce qui donnait tant de valeur à ces gaz tend à disparaître.

C'est qu'en effet, avec les manchons à incandescence, d'autres gaz moins riches, notamment les gaz à l'eau ou les gaz mixtes de distillation et gaz à l'eau, semblent convenir, au moins aussi bien et peuvent s'obtenir beaucoup moins chers.

Pour le chauffage, il est certain que, plus le gaz est riche au mètre cube, moins son transport est onéreux.

Les conduites du gaz de ville sont relativement petites et, si l'on voulait substituer, dans une cité, au gaz de distillation, des gaz plus pauvres, on ne pourrait pas se servir des canalisations existantes.

Cette considération présente un certain intérêt lorsque les conduites sont longues.

C'est ainsi que le gaz de hauts fourneaux, qui est produit si bon marché, peut difficilement être expédié loin du haut fourneau, à moins que l'on ne cherche une solution analogue à celle que l'on a déjà employée en Amérique, et que le gaz ne soit conduit à destination sous forte pression.

J'ai montré, dans le chapitre V, que la richesse du gaz n'avait pas une influence décisive sur la température que sa combustion pouvait entraîner, et que le gaz à l'eau, notamment, ou le gaz Riché, donnait des mélanges combustibles d'un pouvoir calorifique semblable.

Il semble donc que l'avantage de l'emploi du gaz de ville pour le chauffage est très limité.

Enfin, malgré les expériences si intéressantes de MM. Salanson et Debuchy, on a admis, jusqu'à ces dernières années, que le

rendement des moteurs à gaz était d'autant meilleur que le gaz était plus riche.

Il semble établi aujourd'hui, par la théorie, qu'au contraire c'est avec les gaz les plus pauvres que le rendement doit être le meilleur. L'expérience le confirme.

Tout ceci semble donc montrer qu'à moins de motifs spéciaux, il n'y a pas de raisons de principe à rechercher les gaz de distillation.

D'autre part, il semble que ces gaz doivent revenir chers, à cause du mauvais rendement calorifique des appareils qui servent à les produire.

Ceci s'applique, en général, à tous les gaz qui sont obtenus dans des cornues.

On a reconnu différentes causes de déchets.

La distillation n'est complète qu'après un chauffage fort long, de vingt-quatre à quarante-huit heures dans les fours à coke, suivant l'épaisseur, cependant très réduite, des cornues.

La température nécessaire pour parfaire cette distillation doit être très élevée, d'autant plus que les cornues en fer ou en fonte résistent peu longtemps et que l'on est obligé d'employer des cornues en terre réfractaire, que la chaleur traverse plus difficilement.

Dans ces conditions, il faut avoir, autour de la cornue, pendant une longue durée, des gaz provenant du foyer à une température sensiblement supérieure à celle de la cornue, et supporter, par conséquent, toutes les pertes aux parois que cette haute température occasionne pendant un long délai.

En outre, pour entretenir cette température, il faut renouveler les gaz brûlés et, avec les meilleurs régénérateurs, quand on peut les employer, vu qu'ils coûtent très chers à établir, il y a, de ce fait, des déchets considérables.

Un régénérateur donnant 80 0/0 de rendement peut être considéré comme excellent.

On a songé, dans bien des cas, à ne pas récupérer, au profit du foyer, la chaleur des fumées et à l'employer à un autre

usage, comme, par exemple, au chauffage des chaudières.

Dans ce cas, le rendement est tout à fait mauvais, parce que le transport de gaz chauds ne se fait qu'avec des pertes considérables.

D'autre part, quand l'air introduit dans un foyer n'est pas réchauffé autant que possible, la combustion au foyer est toujours moins bonne.

Les cornues elles-mêmes sont le siège de grandes pertes de chaleur.

Il y a perte par leurs portes, dont l'accès doit être facile.

Il y a perte de chaleur emportée par les gaz sortants, qui ne sont que bien rarement employés sans épuration. Or, cette épuration nécessite un refroidissement préalable. Cette chaleur est presque toujours totalement perdue.

Enfin, le coke que l'on doit sortir des cornues est rouge, il faut l'éteindre.

On le refroidit ainsi sans que cette chaleur, jusqu'ici, ait pu sérieusement être récupérée. Une partie même du coke brûle inutilement à l'air.

Le gonflement du charbon empêche le plus souvent que les cornues puissent servir d'une façon continue. On doit les charger périodiquement, les vider, les ouvrir en les refroidissant, d'où une cause nouvelle de pertes aux parois.

Tous ces déchets sont d'une importance bien plus considérable que ceux observés dans les gazogènes des autres familles, et leur examen suffit à permettre d'affirmer que le rendement d'un appareil de distillation ne peut être bon que lorsqu'il n'y a pas de paroi entre le foyer et le combustible à échauffer, ainsi qu'il se produit dans les gazogènes, vastes cuves où le charbon descend lentement, s'échauffe par conductibilité et distille avant d'être brûlé.

Il faut conclure, des observations présentées plus haut, que l'on n'a pas pu, jusqu'ici, faire des appareils de distillation ayant un bon rendement. Mais il ne faut pas oublier qu'il n'y a à considérer là que des déchets pratiques et que l'on peut imaginer des conditions où le foyer serait complètement en-

touré par les cornues, par conséquent bien protégé contre les pertes extérieures, où l'allure serait extrêmement lente, permettant que les températures de deux côtés des parois s'égalisent presque totalement, où la chaleur fournie au gaz du foyer serait apportée sans un courant gazeux qui nécessite des pertes extérieures et où tout l'ensemble serait enveloppé dans une couche isolante très puissante.

Le rendement tendrait, dans ces conditions, vers l'unité. C'est, en effet, qu'il n'y a pas, dans la distillation, de déchets nécessaires imposés par la théorie.

Il n'est pas certain que l'hypothèse que je viens d'aborder ne se réalise pas, dans une certaine mesure, à brève échéance.

Il ressort, en effet, du très remarquable ouvrage de M. Euchène, que j'ai cité et qu'on ne saurait trop relire, que la chaleur de formation par rapport à celle même de la houille des hydrocarbures, qui constituent des gaz de distillation de la houille, est de très faible importance, peut-être même négative, de telle sorte qu'il faut très peu de chaleur, s'il en faut, pour distiller la houille et, en général, les combustibles.

Ceci explique les combustions lentes et spontanées.

La thermochimie l'indiquait. Des expériences de plusieurs années, classées par M. Euchène avec un soin extrême, l'ont établi expérimentalement.

Dans ces conditions, si l'on peut trouver un procédé, tel que le passage d'un courant électrique, pour échauffer, dans une cornue, le combustible, par sa partie centrale, et que l'on isole bien la cornue des influences extérieures, la distillation peut se faire dans des conditions de rendement excellent.

Ce qui est encore plus singulier à constater et qui montre, à un autre point de vue, combien la distillation en cornues pourrait souvent être évitée, c'est la perfection de la distillation, telle qu'elle se produit naturellement, dans un gazogène à combustion effectuée de bas en haut, par l'élévation de température produite progressivement dans le combustible qui

descend, tant par conductibilité que par le transport de chaleur provenant des gaz brûlés.

J'en parlerai particulièrement dans le chapitre XII.

GAZOGÈNE RICHÉ A DISTILLATION RENVERSÉE

Le gazogène Riché est un appareil imaginé pour distiller du bois, dans le but d'obtenir uniquement des gaz combustibles et de transformer ainsi les produits habituels de la distillation. On opère dans des cornues verticales, en distillation renversée. Les gaz de distillation sortent par le bas de la cornue, à l'opposé de l'alimentation de celle-ci.

L'appareil est disposé pour être chauffé à la houille.

On peut donc hardiment dire qu'il y a, là, emploi d'une source extérieure de chaleur et que la dénomination de gazogène, telle que je l'ai définie, ne devrait pas être adoptée.

M. Lencauchez, notamment, a fortement insisté à ce sujet et, dès le début de cet ouvrage, j'ai fait mes réserves.

Ce qui distingue tout particulièrement ce gazogène, c'est le renversement de la distillation.

Si, en effet, on chauffe une cornue verticale prolongée à son sommet par une conduite et contenant des matières riches en eau, comme le bois, il y aura, en premier lieu, élévation de la température du combustible à distiller.

L'échauffement du combustible volatilisera tout d'abord l'eau sous forme de vapeur d'eau, et, peut-être aussi, se formera-t-il de la vapeur d'eau au détriment des composés ternaires qui constituent les fibres du bois. Cette vapeur se mélangera au gaz de distillation, que fourniront les parties du combustible plus rapprochées du foyer, et le gaz définitivement produit contiendra, ainsi, une importante proportion de vapeur d'eau.

Si l'on condense celle-ci, on aura un gaz très riche, formé, pour la plus grande partie, de carbure d'hydrogène et d'hydrogène, contenant très peu d'oxyde de carbone et d'acide carbonique, car presque tout l'oxygène compris dans le corps à distiller aura servi à former de la vapeur d'eau et aura été retenu dans les appareils de condensation.

C'est ce qui se produit dans les appareils habituels de distillation du bois.

L'emploi de ceux-ci convient parfaitement lorsque l'on cherche à obtenir des eaux ammoniacales et tous les produits destinés à des transformations chimiques.

M. Riché a, au contraire, cherché à distiller le bois, dans le but d'obtenir un gaz convenable pour le chauffage et la force motrice, et il a imaginé, à ce sujet, une disposition fort heureuse.

On a souvent songé, dans les gazogènes, à recueillir les gaz au bas de la cuve, de façon que vapeur d'eau et gaz de distillation traversent la masse incandescente du combustible au rouge. On sait, en effet, que, dans ces conditions, l'eau attaque le carbone pour faire du gaz à l'eau et que les carbures sont décomposés.

On obtient le même résultat, en faisant passer de la vapeur d'eau dans une cornue chauffée au rouge par un foyer extérieur. Aussi M. Riché a-t-il imaginé des cornues fort longues, verticales, que l'on charge par le haut et que les gaz du foyer viennent surtout lécher par le bas, où la température atteint son maximum.

Il obtient ainsi, en distillant le bois, sous n'importe quelle forme : rondins, copeaux, déchets, sciures, des gaz se composant surtout d'hydrogène, d'oxyde de carbone, de méthane et d'acide carbonique, gaz relativement dénués de goudron et d'eau ammoniacale et convenant parfaitement, tant pour le chauffage que pour l'alimentation des moteurs.

Les figures 3, 6, 7, 8, 9 représentent une installation d'un four à six cornues.

La figure 3 montre, en plus grande échelle, la coupe d'une cornue de distillation. On peut y remarquer qu'elle est for-

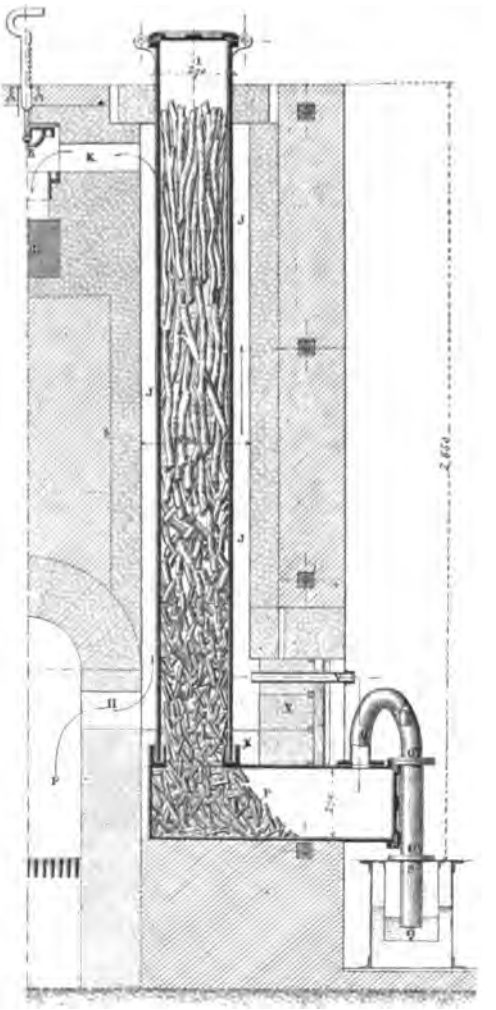


Fig. 3. — Coupe verticale de la cornue d'un gazogène Riché.

mée d'une partie cylindrique I, surmontée d'un tampon de fermeture, dont le détail est donné aux figures 4 et 5. On y voit que le couvercle est un plateau, serré sur un siège dis-

posé au haut de la cornue, par un levier qui est articulé en une charnière faisant corps avec la cornue et qui appuie, par un tenon, dans une mortaise réservée au centre du plateau. Le serrage est obtenu, par un écrou qui se visse à la main sur un boulon, lui-même rattaché à la cornue, en opposition avec la charnière, et pouvant pivoter, autour d'un axe parallèle à

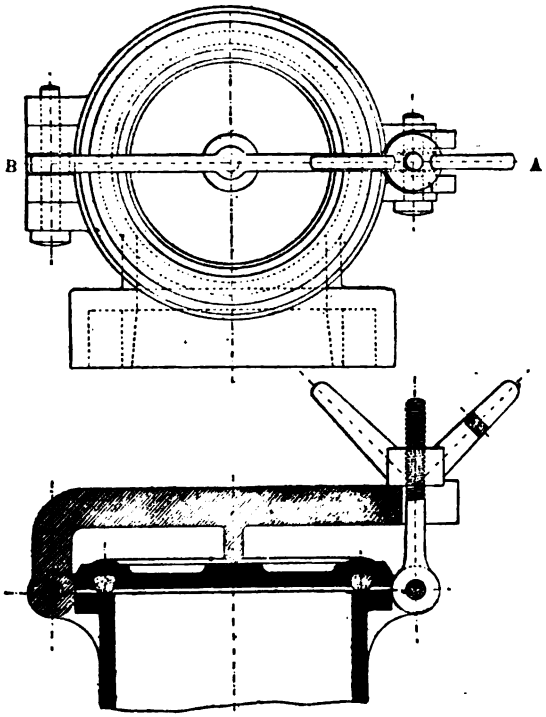


Fig. 4 et 5. — Plan et Coupe du tampon de fermeture du gazogène Riché.

celle-ci, de façon à pénétrer, dans un trou ménagé dans le levier de serrage, afin que l'écrou puisse l'attirer et le maintenir fortement.

Ce tampon mobile sert naturellement à l'introduction du bois, avec lequel pénètre toujours une petite quantité d'air, à chaque chargement. Cette introduction n'a que l'inconvénient de faire pénétrer, dans le gaz, des traces d'azote, il ne peut pré-

senter aucun danger, puisque l'air doit traverser le charbon au rouge.

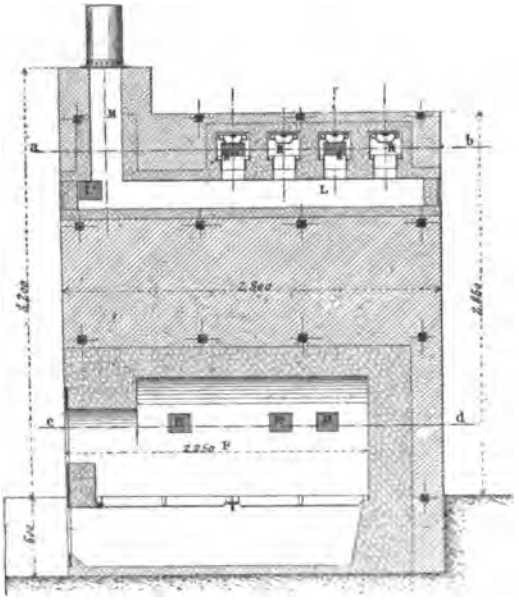


FIG. 6. — Gazogène Riché. Coupe verticale du foyer.

Cette première partie de la cornue est en fonte et se termine

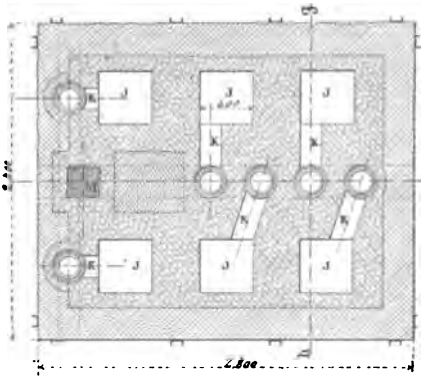


FIG. 7. — Gazogène Riché. Coupe horizontale par les carneaux K.

par le bas, en s'emboîtant dans une rigole, ménagée au-dessus de la seconde partie, également en fonte, qui constitue,

en quelque sorte, un coude à angle droit, ainsi qu'il est très visible dans la figure 3. Le bois, qui est chargé jusqu'en haut de la cornue, est, en bas, transformé en charbon de bois, qui s'étend suivant la pente naturelle, comme l'indique la figure, et il remplit ainsi une partie restreinte de la portion horizontale P de la cornue.

A l'extrémité de cette tubulure P, est ménagée une porte pour l'enlèvement du coke et qui doit être fermée avec un

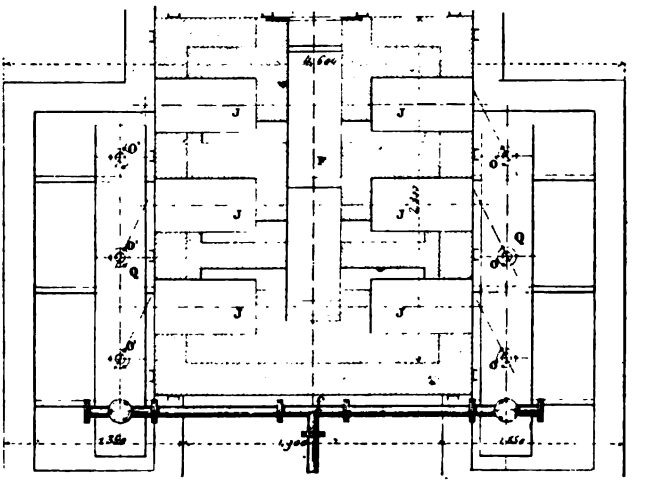


Fig. 8. — Gazogène Riché. Coupe horizontale par les canalisations.

soin encore plus grand que celle du sommet de la cornue, puisque l'introduction de l'air et son mélange au gaz donnerait lieu à la formation de mélange détonant.

On voit, sur la figure 3, la conduite à siphon avec joints hydrauliques *O*, *O'*, *Q*, qui amène les gaz, après un léger barbotage, dans une canalisation, représentée en coupe dans cette figure.

Cette canalisation est en coupe longitudinale dans la figure 9, et on voit en plan, dans la figure 8, les deux collecteurs réunissant chacun les gaz de trois cornues et la conduite *f*, qui en emmène les produits au dehors par une conduite d'équerre.

Toute cette disposition est particulièrement visible dans la figure 8.

La figure 3 montre aussi, en coupe, la grille du foyer unique F dont les gaz s'échappent par les carneaux H et la cheminée J, J, qui enveloppe la cornue I et dans laquelle se fait le chauffage du bois. Enfin, les gaz brûlés sortent, en haut, de l'appareil, par les carneaux K, pour aboutir à la base de

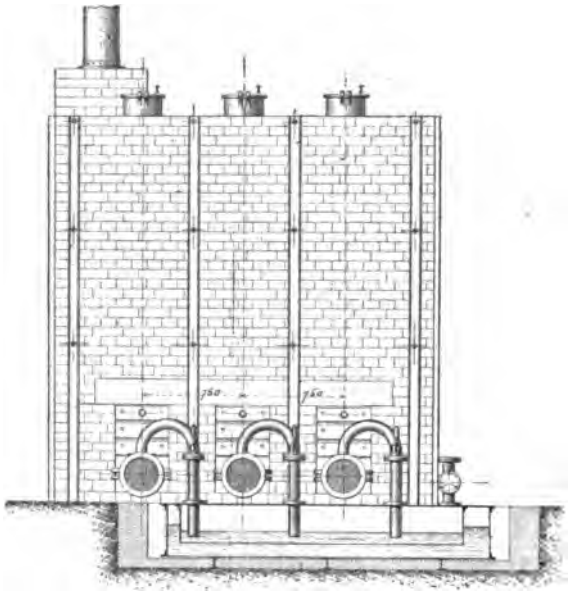


Fig. 9. — Gazogène Riché. Vue de face.

la cheminée M, après avoir subi l'action d'un registre de réglage R, soutenu par une crémaillère représentée dans la figure 3.

On voit encore, dans cette figure et dans la figure 6, comment est installé le foyer F où pénètre l'air, d'une part, en dessous des grilles et, au-dessus, par des ouvertures ménagées dans la porte du foyer et le papillon pour le réglage.

On voit ainsi que les cornues sont chauffées, au maximum de température, au niveau des carneaux H. Aussi, des regards

V (*fig.* 3) sont-ils ménagés pour surveiller l'intensité du chauffage.

Au contraire, la jonction des deux parties de la cornue et la portion horizontale P de celle-ci sont protégées, contre la chaleur des gaz brûlés, par une couche de sable, figurée en X dans la coupe de la cornue.

La température qui est recherchée pour le bas de la cornue est, au maximum, celle de 900°. Il ne serait guère possible d'obtenir une température plus élevée, sans que la fonte de la cornue soit vivement attaquée. La température intérieure de la cornue doit être encore moins élevée.

Cette température semble un peu basse, et la proportion de l'acide carbonique dans les gaz produits par la vapeur d'eau est, en conséquence, assez élevée.

Il m'a été fourni l'analyse du gaz recueilli dans une installation de la Compagnie du gaz H. Riché, que j'indique ici :

	Volume	Poids	Calories
CO^2.....	120	235gr,8	
CO.....	370	462 87	1.127,08
CH^4.....	132	33 76	995,92
H^2.....	377	94 512	1.166,27
	1.000	826 942	3.289,27

On y remarque que la proportion d'acide carbonique est de 12 0/0 en volume et de 28 0/0 en poids et que, relativement à l'oxyde de carbone, elle est en volume du tiers et en poids de moitié.

Ce sont des proportions élevées qui correspondent à un gaz à l'eau obtenu à une température plutôt trop basse.

Néanmoins, ce gaz est très riche, et sa combustion peut donner de très hautes températures, ce qui en fait un combustible industriel tout à fait précieux pour le chauffage de certains fours.

D'après la Compagnie du gaz Riché, la distillation de un kilogramme de bois exige de 350 à 400 grammes de houille, et il faut environ 1.400 grammes de bois pour obtenir 1.000 litres

de gaz ayant au minimum 3.000 calories, qui nécessitent la combustion de 560 grammes de houille. Enfin, quand le bois distillé est de bonne qualité, le résidu de la distillation est, paraît-il, un coke marchand, ferme et en morceaux de grosseur convenable pour la vente; un kilogramme de bois en fournirait ainsi 183 grammes.

Ce qui semble une dépense excessive à première vue, c'est la quantité de houille qui représente déjà beaucoup de calories. Si l'on employait cette houille à faire du gaz à l'eau, on utiliserait aussi les trois quarts au moins des calories, qui sont perdus dans le gazogène Riché, et on fournirait un gaz ayant les avantages du gaz Riché, ou à peu près, car il permettrait de donner, dans des fours, des températures aussi élevées.

On doit donc, dans un gazogène Riché à distillation renversée et suivant les chiffres mêmes que fournit la Compagnie, avec 1:400 grammes de bois, obtenir 260 grammes de charbon de bois et 1.000 litres de gaz à 3.200 calories. Cela représente en tout 5.000 calories. Or, 1.400 grammes de bois représentent déjà un pouvoir calorifique semblable et, quand même le bois serait légèrement mouillé, l'écart entre les calories fournies et celles recueillies ne serait jamais bien grand et n'atteindrait pas 1.000 calories.

On peut donc penser que la consommation de chaleur dans les cornues, malgré le caractère nettement endothermique de la réaction constitutive du gaz à l'eau, ne nécessite qu'un très léger apport externe et que le rôle du charbon consommé consiste surtout à élever la température de la cornue.

C'est ce qui se produit, d'ailleurs, pour la distillation de la houille; mais, au point de vue pratique, il semble que la distillation de la houille est bien moins onéreuse que celle du bois, dans le gazogène Riché.

Si, en effet, il faut 560 grammes de houille correspondant à 4.000 calories pour mettre en liberté 1.000 litres de gaz contenant 3.200 calories, on ne peut s'empêcher de songer que la même consommation de houille permettrait de distiller plus

de 3 kilogrammes de houille, lesquels donneraient 1 kilogramme de produits volatils, soit 12.000 calories. On pourrait même, comme je le disais plus haut, transformer ces 560 grammes de houille en gaz à l'eau; on y retrouverait, à peu près, les 3.200 calories du gaz Riché, sans avoir consommé de bois.

Il ressort de la discussion que je me trouve ainsi amené à faire, que, pour que la distillation renversée du bois dans le gazogène Riché soit avantageuse, il faut, ou bien que le charbon de bois soit un produit de très bonne vente, ou bien que le bois lui-même soit très bon marché et, en ce cas, c'est avec du bois qu'il faut charger le foyer et il ne faut pas employer de houille.

Encore, dans cette dernière hypothèse, faut-il qu'on ait intérêt à fabriquer des gaz riches, comme, par exemple, pour le chauffage de certains fours, mais l'emploi de semblables gazogènes ne semble indiqué, en aucun cas, pour les moteurs à gaz. M. Lencauchez a déjà discuté cette question avec des arguments semblables, et il a montré combien l'emploi du bois, dans des gazogènes ordinaires, en fabriquant du gaz mixte, donnait des résultats plus avantageux, au cas où l'on désire tout consumer et ne pas récolter de charbon de bois.

Si le gazogène Riché est ainsi critiquable parce qu'il n'est pas économique, il partage ce défaut avec tous ceux où le combustible à distiller est séparé dans une cornue, tel que le gazogène de gaz à l'eau Guénot.

Il ne faut cependant pas croire que ceux-ci ne sont pas susceptibles de perfectionnement.

M. Riché pourra essayer, notamment, de mieux grouper ses cornues, de façon à mieux utiliser la chaleur produite et de récupérer la chaleur perdue avec les fumées. Les gaz de distillation présentent, sur les gaz pauvres, certains avantages et l'occasion peut se présenter où leur emploi s'impose.

GAZOGÈNE DENSMORE

Le gazogène Densmore, récemment breveté, est aussi un gazogène à distillation. Il présente des dispositions singulières et j'ai pensé qu'il était utile de les signaler.

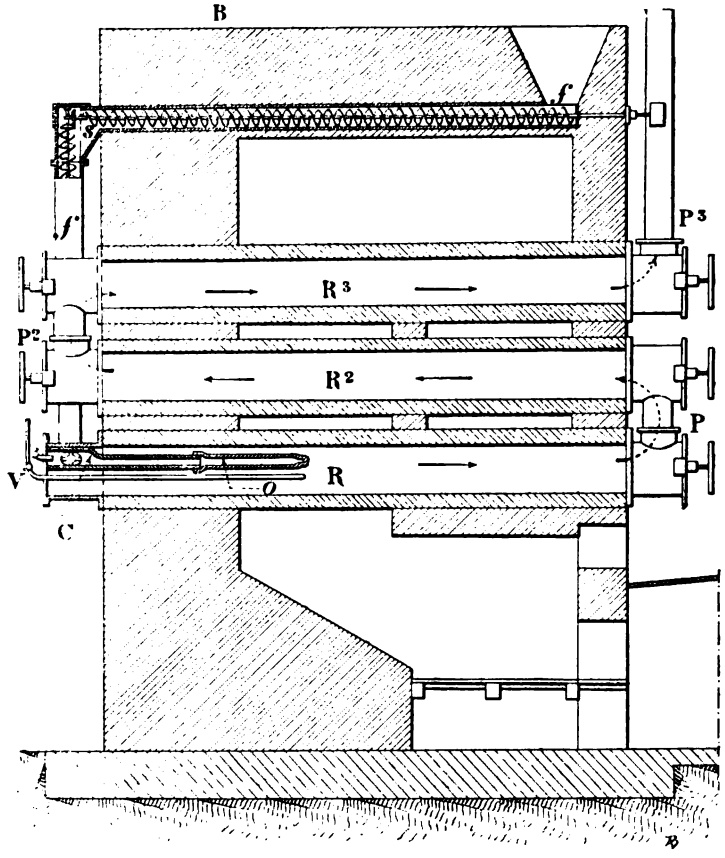


Fig. 10. — Gazogène Densmore. Vue en coupe.

Il peut permettre de brûler différents corps, tels que des gadoues, des goudrons, que l'on aura préalablement finement pulvérisés, s'ils sont solides et additionnés d'eau, de façon à les amener à l'état pâteux.

L'appareil représenté en coupe (*fig.* 10) et en élévation (*fig.* 13) se compose essentiellement d'un foyer servant à chauffer trois cornues R, R^2, R^3, communiquant entre elles à la façon d'un

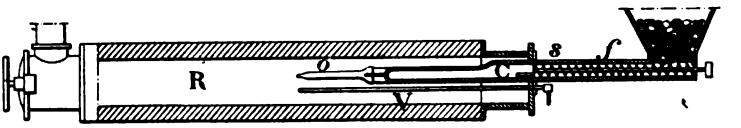


Fig. 11. — Introduction du combustible.

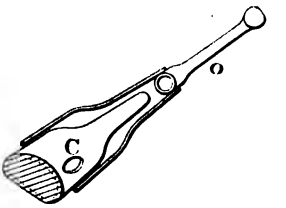


Fig. 12. — Injecteur.

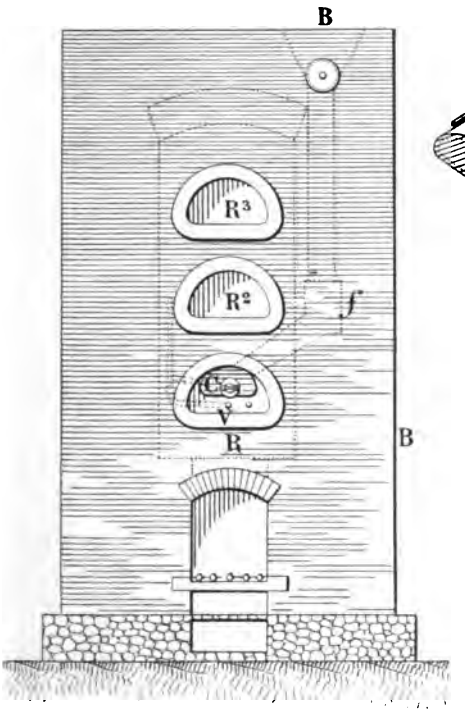


Fig. 13. — Élévation du gazogène.

serpentin. A l'extrémité de la dernière cornue, par la tubulure P^3, s'échappent les gaz.

On remplit, en partie, ces cornues de coke, celle du bas pouvant être remplie de houille.

C'est dans celle-ci que doit être amenée la matière à

brûler, les deux cornues supérieures, où le coke est au rouge, ne servant qu'à détruire les goudrons, à décomposer l'acide carbonique et la vapeur d'eau qui pourraient être entraînées.

On voit, en outre, dans la figure, une trémie à la partie supérieure, où est versée la pâte à brûler. Celle-ci est entraînée par une vis d'Archimède *s* qui circule dans un tuyau *f* pour aboutir à la cornue.

La figure 11 représente schématiquement le déplacement de la matière.

Le tuyau *f* pénètre dans la cornue R par une partie C représentée dans la figure 12 et qui est largement évasée.

L'élargissement a pour but le ralentissement du déplacement de la matière, afin que celle-ci soit vigoureusement chauffée dans la cornue R.

A l'extrémité, la partie C se resserre à un diamètre plus restreint et aboutit en face d'un tube en acier O, qui est maintenu par deux tiges d'acier et vient s'emboîter sur C. L'extrémité de ce tube est aplatie en bec de canard, de façon à ce que la pâte en sorte en couche mince.

M. Densmore tient, en effet, à ce qu'elle soit dispersée dans la cornue et, pour obtenir ce résultat, il a mis, au-dessous de l'extrémité de O, l'embouchure d'une conduite de vapeur *v* qui recevra la matière versée, l'entraînera sur toute la surface du charbon contenu dans la cornue.

La pression de la vapeur vient déjà agir en C et y faciliter l'entraînement de la matière.

Je ne pense pas que cet appareil ait été construit ; il y a certainement, dans cette invention, une idée intéressante, mais je ne vois pas bien comment la cornue pourrait être maintenue à très haute température, comment on l'alimenterait et comment on en ferait sortir les scories.

M. Densmore parle longuement, dans son brevet, de mélanger des matières basiques aux produits à brûler, dans un but que je n'ai pas compris.

CHAPITRE VII

LES GAZOGÈNES DITS DE GAZ A L'EAU

Le gaz à l'eau, par définition, est celui que l'on obtient en faisant passer de la vapeur d'eau sur du charbon au rouge.

Il se produit, ainsi, un mélange d'hydrogène, d'oxyde de carbone, d'acide carbonique, et de gaz de distillation, si le charbon en contient.

Ce qui différencie ce gaz, du gaz habituel des gazogènes, c'est l'absence d'azote, parce qu'il n'y a pas d'introduction d'air.

En conséquence le gaz est beaucoup plus riche.

J'ai déjà discuté l'intérêt de cette richesse du gaz.

Au point de vue des moteurs à gaz, cet intérêt me semble à peu près nul.

Il n'en est pas du tout de même quand il s'agit d'obtenir de très hautes températures.

S'il s'agit d'obtenir de hautes températures, dans un four, on peut y arriver avec de bons appareils de récupération ou de régénération, sans s'inquiéter de la puissance calorifique du gaz.

Mais, dans beaucoup d'installations, il ne convient pas de mettre des échangeurs de chaleur qui sont des instruments très encombrants et qui coûtent très cher.

Leur avantage est très considérable dans certains fours,

comme les fours Martin où les quantités de chaleur employées sont considérables et où le chauffage est presque constant.

Lorsqu'il s'agit, au contraire, de petits chauffages localisés et intermittents, il vaut mieux perdre la quantité de chaleur qu'emportent les gaz brûlés que de chercher à la recueillir.

A fortiori lorsqu'il s'agit, par exemple, de l'éclairage par les nouveaux procédés d'incandescence, tels que le bec Auer, il ne peut pas être question d'installer des récupérateurs ou des régénérateurs. Il faut absolument produire une haute température avec de l'air froid et du gaz froid, là même où s'effectue la combustion.

Dans ces conditions, il est nécessaire d'avoir un mélange combustible riche.

J'ai montré, dans le chapitre V, que le gaz à l'eau donnait, à cet effet, tout aussi complète satisfaction que le gaz dit le gaz d'éclairage, c'est-à-dire le gaz de la distillation de la houille, qui est beaucoup plus riche.

Les partisans de gaz à l'eau affirment même que la flamme du gaz à l'eau est plus chaude que celle du gaz d'éclairage, à cause des réactions accessoires qui se produisent pendant la combustion de celui-ci, et de l'excès d'air qui est toujours entraîné et échauffé en pure perte dans le mélange combustible fait avec du gaz d'éclairage.

Comme la lumière que rayonne un manchon d'incandescence, croît beaucoup plus rapidement que la température de celui-ci, comme la cinquième puissance de la température absolue, paraît-il, lorsque le gaz fournit une flamme de température plus élevée, il est nécessaire de consommer moins de gaz évalué en calories. Ceci permet de dire que le gaz à l'eau donne un éclairage plus économique que le gaz de ville, en comparant les calories dépensées, par rapport au pouvoir éclairant obtenu.

Dans la notice remarquablement bien faite dans laquelle la « Société pour l'exploitation des procédés de production de gaz industriels » présente le gazogène Dellwik-Fleischer, on évalue, à 670 calories, la dépense du gaz d'éclairage pour 100 bou-

gies avec un manchon Auer, et, à 410 calories, la dépense de gaz à l'eau, en estimant les températures correspondantes à 1.600 et 1.800°.

Il semble que cette application de l'incandescence à l'éclairage a pris une si grande importance qu'elle soit celle, de préférence à tout autre, qui doive aujourd'hui faire rechercher le gaz à l'eau.

Cependant, son emploi sera aussi à recommander, comme je viens de le dire, dans les fours de verrerie ou les fours métallurgiques, où l'on a besoin de hautes températures et où l'on ne veut pas s'obliger à réchauffer, au préalable, l'air et le gaz.

Le gaz à l'eau semble encore avoir trouvé un troisième emploi d'une haute importance.

Il semble être le gaz qui convient le mieux pour souder les métaux, et des applications très importantes ont été faites dans ce sens.

Quand on veut souder, il faut d'abord avoir une flamme d'une température excessivement élevée, c'est pourquoi on a recours aux chalumeaux. Dans ces conditions, le gaz à l'eau se présente aussi bien, sinon mieux, que tout autre gaz. Il faut éviter, aussi, qu'il puisse s'effectuer aucun dépôt sur les parties que l'on rapproche et surtout que celles-ci puissent être chimiquement transformées, notamment qu'elles soient oxydées.

On est donc obligé de recourir à un gaz essentiellement réducteur et le gaz d'éclairage doit être rejeté parce qu'il se formerait des dépôts de carbone.

On a employé, dans ce but, l'hydrogène, qui satisfait assez bien aux conditions demandées, mais qui coûte très cher et est d'une fabrication difficile.

Au contraire, le gaz à l'eau se fabrique très simplement, dans des appareils qui ne sont pas d'une manœuvre difficile et, pour l'obtenir suffisamment pur, il suffit, en somme, d'avoir du coke ne contenant pas trop de soufre.

Les installations des gazogènes de gaz à l'eau, pour la soudure des métaux, se sont extrêmement développées, et il semble que, sur ce champ-là, elles n'ont pas à craindre de rivales.

On peut bien employer le gaz à l'eau pour l'éclairage direct, sans incandescence, comme le gaz de ville, mais il faut ajouter, à ce gaz, d'autres produits qui lui donnent un pouvoir éclairant.

On sait, en effet, que la lumière est surtout produite, dans un bec de gaz, par des parcelles de carbone, portées au blanc par la chaleur de la combustion du gaz, et qui proviennent, vraisemblablement, de la décomposition de certains carbures, qui, à haute température, se dédoublent et abandonnent du charbon.

Il suffit que la proportion de charbon mis en liberté soit très minime.

Si donc on ajoute, au gaz à l'eau, certains carbures d'hydrogène capables d'effectuer un semblable dédoublement dans la flamme, celle-ci qui, avec le gaz à l'eau pur, est à peu près incolore, peut prendre un éclat semblable à celui de la flamme du gaz de ville.

La plus grande partie des travaux de ceux qui ont étudié la fabrication du gaz à l'eau, s'est portée sur cette carburation.

Au début, on l'effectuait avec certains pétroles, mais les tendances protectionnistes de ces dernières années ont rendu l'emploi de ceux-ci très onéreux.

Heureusement, on a pu songer au benzol, que la distillation de la houille fournit à très bon marché, et c'est le produit qui, dans les mêmes pays, est presque uniquement employé dans ce but aujourd'hui.

Avant de songer au benzol, on ne pouvait pas employer utilement, en Europe, le gaz à l'eau, sauf en le mélangeant, dans d'assez petites proportions, 15 à 20 0/0 au maximum, avec le gaz de ville, de façon à affaiblir, dans de très faibles proportions, le pouvoir éclairant du gaz de ville.

Le professeur Bunte estime que 20 0/0 de gaz à l'eau abaisse de 30 0/0 environ le pouvoir éclairant du gaz de ville, il faut donc que la proportion du mélange soit faible. D'autres affirment que, dans d'aussi faibles proportions, le pouvoir éclairant n'est pas sensiblement modifié.

En échange, il semble établi qu'un mélange de gaz à l'eau élève, plutôt qu'il ne l'abaisse, le pouvoir éclairant du gaz de ville employé dans les becs à incandescence.

Depuis longtemps, le gaz à l'eau est employé en Amérique pour l'éclairage, et il a obtenu, depuis dix ans, un grand succès.

On est, en effet, beaucoup mieux placé, dans l'Amérique du Nord qu'en Europe, pour avoir des carburants à bon marché.

C'est qu'en effet il faut employer, dans ce cas, des huiles de déchet à bon marché.

Dans la distillation des pétroles en Europe, les résidus que l'on peut se procurer à bas prix, sont des huiles lourdes qui ne conviennent pas pour la carburation du gaz à l'eau, alors qu'il faut, au contraire, y mélanger des huiles très volatiles.

En Amérique, la distillation des pétroles fournit des produits de tête qui sont vendus très bon marché, parce qu'il convient d'en débarrasser les pétroles, et cela a beaucoup contribué au succès technique et économique du gaz à l'eau.

Dans une discussion, qui a eu lieu à la Société technique de l'Industrie du gaz, au Congrès de Mayence, en 1900, on a fait plusieurs objections au sujet du benzol, en faisant valoir que, si son emploi se généralisait, le prix du benzol augmenterait beaucoup et qu'en outre celui-ci tendait à se séparer du gaz aux basses températures de l'hiver. Il convient peut-être de se préoccuper de la recherche d'un autre carburant.

On estime à 30 ou 40 grammes, par mètre cube de gaz, la proportion de benzol qu'il convient d'ajouter.

La composition moyenne du gaz à l'eau est comprise dans les limites suivantes :

Hydrogène	46 à 53
Oxyde de carbone	35 à 43
L'acide carbonique	2 à 6
Méthane	0,5 à 1,5
Azote	3 à 5

Ce qui porte à 90 0/0, à peu près, la proportion des produits combustibles.

D'après la Société pour l'exploitation des procédés de production de gaz industriels, à laquelle j'emprunte ces renseignements, on évalue à 2.550 calories (pouvoir calorifique inférieur, vapeur non condensée) le pouvoir calorifique industriel du gaz à l'eau, et la température de la flamme en est telle que, dans un brûleur à gaz ordinaire, on peut fondre un fil de platine d'un millimètre de diamètre.

Le professeur Bunte estime que le gaz à l'eau donne, avec l'air, des mélanges beaucoup moins explosifs que le gaz d'éclairage et, notamment, que la proportion du volume de gaz mélangée à l'air doit être au minimum de 12,5 0/0 au maximum de 66,5 0/0 pour que l'explosion puisse se faire.

Ceci ne m'étonne pas beaucoup et doit surtout tenir à l'absence presque complète, dans le gaz, à l'eau de différents carbures qui sont contenus dans le gaz d'éclairage et qui, par eux-mêmes, sont très explosifs.

On comprend facilement qu'il suffit d'une trace d'un corps plus explosif dans un mélange, pour constituer, en quelque sorte, une cartouche qui peut allumer tout l'ensemble.

La fabrication du gaz à l'eau est connue depuis très longtemps.

Dans un intéressant article, publié dans *le Génie Civil*[1], M. Laverchère passe en revue tous ceux qui s'en sont occupés.

Au point de vue pratique, aucune de ces recherches ne présente d'intérêt avant que M. Tessier du Motay n'ait fait, aux États-Unis, des installations en grand.

Le problème, en lui-même, est assez difficile.

La réaction de la vapeur d'eau sur le charbon est endothermique.

En outre, elle ne commence à se produire qu'à partir de 400 à 500°, et le gaz produit est d'autant plus riche en oxyde

1. *Génie Civil*, 12 et 19 octobre 1901.

de carbone que la température de la réaction est plus élevée.

Il faut donc trouver moyen de maintenir le charbon à haute température, par une autre source de chaleur que la réaction qui fournit elle-même le gaz à l'eau.

Il semble d'abord qu'il n'y ait que deux procédés.

On peut chauffer le charbon par une source extérieure de chaleur.

On aura ainsi un appareil qui, d'après la définition que j'ai admise, ne serait pas un gazogène, mais qui, néanmoins, engendrerait du gaz à l'eau.

Dans ce type, peut être rangé le gazogène Guenot.

Ce procédé qui, ainsi que je l'ai dit dans le chapitre précédent, n'est pas condamné nécessairement à un mauvais rendement, semble, toutefois, jusqu'à présent, ne pas en fournir un bon.

Il ne doit donc être employé que dans des cas tout particuliers, lorsque la qualité du gaz est d'un beaucoup plus grand intérêt que l'élévation de son prix de revient.

De même que pour réchauffer l'air et lui transmettre la chaleur des gaz brûlés on ne peut employer que des récupérateurs, qui sont à mouvement continu, ou des régénérateurs à mouvement alternatif, de même, si l'on ne peut pas chauffer le charbon au travers des parois, il faut abandonner la marche continue, et il faut fonctionner en deux périodes consécutives.

Dans l'une, on insufflera de l'air dans le charbon, qui sera en partie brûlé et dont la température sera fort élevée, dans l'autre, on n'insufflera rien que de la vapeur d'eau qui traversera le charbon rouge, abaissera la température de la cuve jusqu'au moment où on devra insuffler de nouveau de l'air, pour réchauffer le coke.

C'est sur ce principe que presque tous les gazogènes de gaz à l'eau sont basés.

Ils diffèrent entre eux de plusieurs façons.

Examinons une cuve, dans laquelle nous mettons du combus-

tible, et songeons à faire passer, sur celui-ci, alternativement, de l'air et de la vapeur d'eau.

Nous pouvons, d'abord, faire passer l'air, de haut en bas, ou de bas en haut; la vapeur d'eau peut traverser aussi dans les deux sens, ce qui constitue déjà quatre combinaisons qui peuvent avoir de l'intérêt.

D'autre part, l'air qui traverse le combustible fournira, en grande partie, du gaz pauvre, c'est-à-dire brûlera d'une façon incomplète le combustible.

Il y a lieu de s'inquiéter de savoir ce que l'on fera de ce gaz pauvre.

Suivant les cas, il pourra convenir de le recueillir et de l'employer. Dans d'autres cas, on ne cherchera, et c'est le cas le plus fréquent, qu'à faire du gaz à l'eau, et il vaudra mieux brûler le gaz pauvre, en utilisant, autant que possible et le mieux possible, la chaleur de cette combustion.

A ce sujet, il y a deux procédés qui ont été surtout employés.

L'un, c'est celui du gazogène Dellwik-Fleischer, qui consiste à donner, au combustible, une épaisseur de couche aussi réduite que possible, à souffler l'air en excès, de façon à ce que la combustion se produise immédiatement au sortir du combustible, ou, si l'on préfère cette explication, de façon à ce que la combustion soit totale dans le combustible.

Cette solution est évidemment très bonne en principe. Il faut très peu d'air, et il est nécessaire de brûler très peu de charbon pour porter à la température convenable d'environ 1.000° la masse du combustible, puisque là, où 1 kilogramme de charbon, brûlant en oxyde de carbone, fournit 2.473 calories, il fournit 8.080 calories en brûlant en acide carbonique.

D'autres constructeurs cherchent à avoir, au contraire, une couche de combustible beaucoup plus élevée, formant un volant de chaleur beaucoup plus puissant, et différer la combustion du gaz pauvre.

C'est ce que je montrerai pour le gazogène Strache et pour le gazogène Humphrey. L'un utilise, d'une façon très judicieuse,

la puissance calorifique disponible à échauffer les parois d'un régénérateur.

Cette chaleur revient à la cuve, dans la période suivante, avec la vapeur d'eau très surchauffée, qui marche en sens contraire. C'est le procédé Strache.

Au contraire, M. Humphrey utilise cette chaleur à transformer les carburants, qu'il ajoute au gaz à l'eau.

Il semble, à première vue, que le procédé Dellwik-Fleischer est plus rationnel, parce que, quand l'air traverse du charbon et forme de l'oxyde de carbone, il n'y a, de mis en liberté, guère que le tiers des calories disponibles.

Il faut donc, avec le procédé Strache, faire passer au moins trois fois plus d'air dans le charbon pour en réchauffer la même masse d'un même nombre de degrés, ce qui semble essentiellement désavantageux.

On pourra faire observer, en sens contraire, que, dans le procédé Strache, la vapeur est beaucoup mieux surchauffée et qu'il faudra, dans ces conditions, que le charbon lui fournisse beaucoup moins de chaleur que dans le cas précédent.

Mais rien n'empêcherait de mettre un régénérateur au gazogène Dellewik-Fleischer et d'utiliser les gaz brûlés à réchauffer, en partie, la vapeur d'eau.

Et il semble même que le gaz à l'eau, sortant du gazogène, emporte une chaleur qui pourrait être utilisée, en grande partie, à surchauffer très avantageusement la vapeur d'eau qui va au gazogène.

Je ne connais pas encore beaucoup d'applications de cette sorte de gazogènes en France.

Ces gazogènes sont employés surtout en Allemagne, en Angleterre et aux États-Unis. Ils ont été construits dans des usines métallurgiques et dans des usines à gaz, où, en général, le gaz à l'eau est mélangé au gaz d'éclairage.

Ils offrent, pour les compagnies gazières, l'avantage d'utiliser leur coke, en leur fournissant un gaz meilleur marché que celui qu'ils produisent déjà, d'autant meilleur marché que,

lorsque la proportion des gaz à l'eau est faible et ne dépasse pas 15 à 20 0/0, il n'est pas nécessaire d'ajouter des carburants, les produits volatils contenus dans le gaz de l'éclairage suffisant à cette effet.

En France, jusqu'à nouvel ordre, l'usage du gaz à l'eau n'a pas été encouragé, on craint que le mélange au gaz de ville d'un gaz, contenant d'aussi fortes proportions d'oxyde de carbone, ne soit nuisible à la santé publique et presque toutes les municipalités défendent aux compagnies gazières l'emploi de ce procédé.

L'oxyde de carbone présente un autre inconvénient. Il agit sur le fer des conduites et donne un produit appelé fer carbonyle qui se décompose dans les manchons des becs Auer et leur retire leur éclat.

Mais on est parvenu à remédier à ce sérieux inconvénient en faisant traverser au gaz des appareils auxiliaires qui le débarrassent de cette impureté.

GAZOGÈNE GUÉNOT

Le gazogène Guénot est un gazogène à gaz à l'eau, qui se distingue particulièrement en ce qu'il fonctionne d'une façon continue. Le combustible à transformer est chargé dans des cornues comme dans le gazogène Riché. Toutefois, le combustible, employé par M. Guénot, est du charbon de bois. Il n'y a donc aucune distillation.

Le gazogène Guénot est représenté (*fig.* 14), dans une vue d'ensemble.

Dans les figures 15 et 16, on voit une coupe verticale et une coupe horizontale. La cornue, en fonte, est représentée en *a*, *b*, construite en deux parties, réunies par des brides et assemblées par le bas.

Cette cornue s'appuie aussi, par des brides, à la partie supé-

rieure recouverte d'une tôle *l*, qui entoure tout l'appareil.

Une des branches de la cornue est assemblée à une trémie, *e*, qui permet, par une ouverture *f* que ferme un tampon en tôle serré par une vis et par un étrier *g*, l'introduction du combustible qui tombe dans la branche *a* de la cornue. A cette trémie aboutit, en *h*, la conduite coudée *z* par laquelle

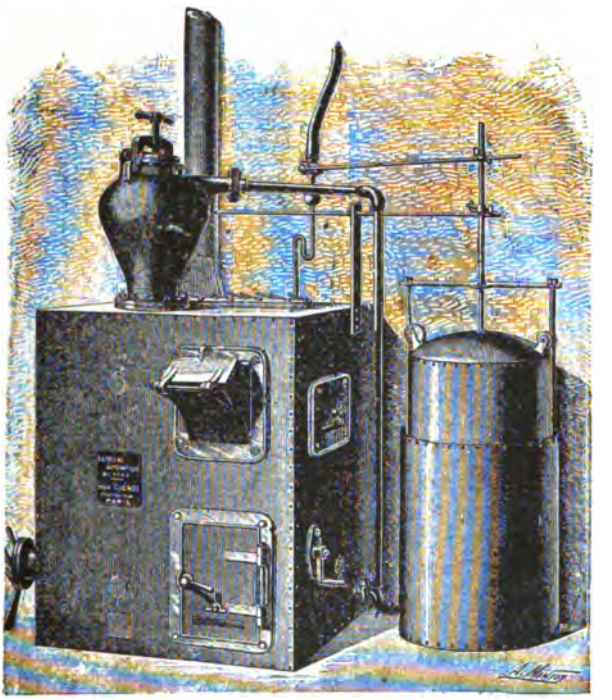


Fig. 14. — Gazogène Guénot.

les gaz s'échapperont, barbotteront en *q*, et de là aboutiront dans le gazomètre *r*.

Dans l'autre branche de la cornue, à la partie supérieure, un siphon *p* permet d'introduire l'eau contenue dans le réservoir *m*, dont le réglage est fait par le robinet *o*.

La figure montre encore la coupe du foyer *j*, à grilles obliques. Des flèches montrent le mouvement des gaz brûlés et une vanne *m* en règle le tirage.

La vue d'ensemble et les figures 15 et 16 montrent comment se fait le réglage. La cloche du gazogène est guidée par des galets roulant sur 2 règles verticales entrecroisées et porte,

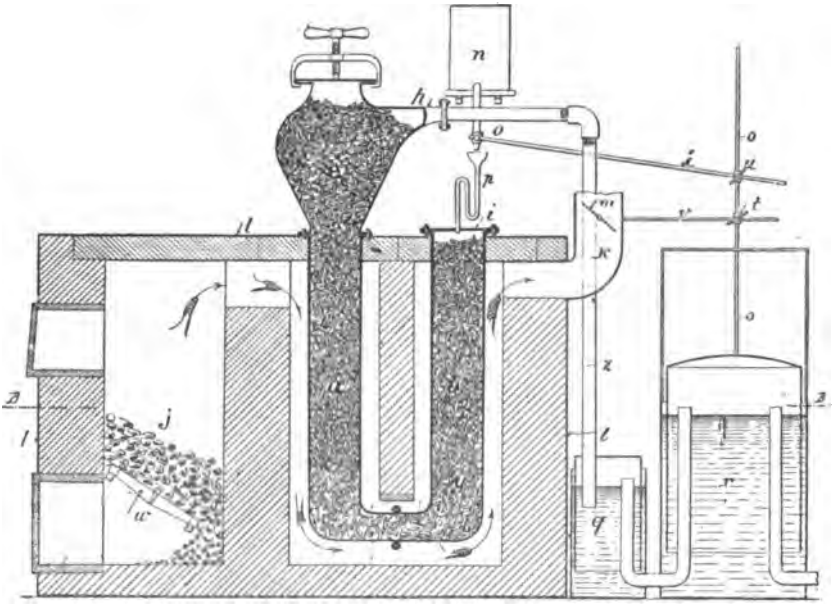


Fig. 15. — Coupe par AA.

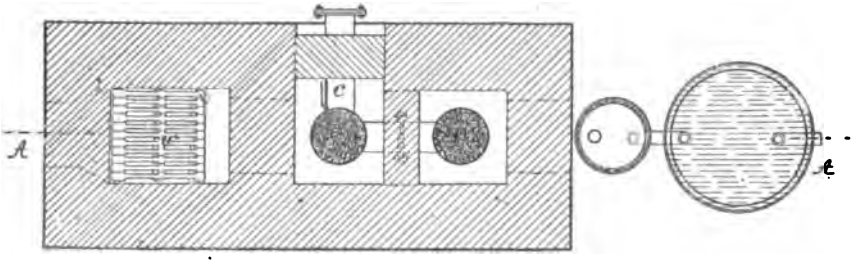


Fig. 16. — Coupe horizontale suivant BB. Gazogène Guénot.

en son milieu, une tige guidée par l'entretoise, qui s'articule, en *t*, avec une tringle *v*, qui ferme la vanne de réglage *m* du tirage au fur et à mesure que le gazomètre s'emplit, en même temps qu'elle est articulée, en *u*, avec une tringle semblable *x* qui, elle-même, ferme plus ou moins l'introduction de l'eau.

On voit, dans cet appareil, ainsi qu'il doit être, que les gaz du foyer marchent en sens contraire du gaz à l'eau, de façon que la partie *a* soit la mieux échauffée, puisque c'est celle qui traverse en dernier lieu le gaz produit.

Il y a déjà eu différents essais de fabrication du gaz à l'eau, dans lesquels la chaleur nécessaire à la transformation du combustible était empruntée à un foyer extérieur, et, en particulier, dans des fours à gaz, on a souvent cherché à utiliser ainsi le coke qui restait dans les

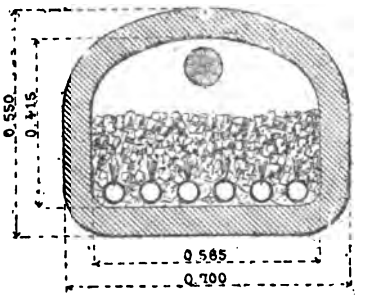


FIG. 17. — Appareil Drumont et Trébouillet.

cornues en envoyant, vers la fin de la distillation, des jets de vapeur d'eau sur le coke rouge.

M. Lencauchez, dans la brochure qu'il a publiée en 1899, à la suite de sa Conférence aux Ingénieurs civils, signale deux essais en ce sens :

Ce sont les appareils de MM. Drumont et Trebouillet qui obtenaient du gaz à l'eau, dans des fours à cornues semblables aux cornues employées à cette époque pour le gaz d'éclairage, et dans lesquelles le combustible était traversé, à la partie inférieure, ainsi que le montre la figure 17, par une série de tuyaux en fer de 4 à 5 centimètres de diamètre, percés de petits trous de 2 millimètres, et réunis, à leurs extrémités, de façon à former un serpentin, dans lesquels de la vapeur surchauffée était envoyée.

Dans ces appareils, le combustible employé était aussi du

charbon de bois, pour n'avoir pas à faire d'épuration des gaz. Les cornues étaient chauffées par un foyer comme celles du gaz d'éclairage.

La vapeur empêchait les tubes en fer de brûler. Elle réagissait, aux hautes températures, sur le charbon de bois et produisait du gaz à l'eau très pur.

M. Lencauchez fait remarquer que M. Trebouillet, qui faisait fonctionner son appareil à haute température, les cornues étant chauffées au blanc, obtenait un gaz très riche en oxyde de carbone et dont voici la composition moyenne :

CO^2	5,25
CO	44,25
H^2	49,65
AZ	0,75
TOTAL EN VOLUME	100,00

M. Drumont, se contentant de 500 à 600° comme température intérieure de la cornue, obtenait un gaz beaucoup plus riche en acide carbonique, ainsi qu'en témoigne le tableau suivant :

CO^2	46,09
CO	7,46
H^2	45,88
AZ	0,57
VOLUME	100,00

Le principe de l'appareil de M. Louis Guénot est le même, mais les cornues qu'il emploie sont en fonte, ce qui ne lui permet pas d'atteindre de hautes températures. Elles ont la forme d'un *u*, ainsi qu'il est représenté en *a*, *b*, dans la figure. Elles peuvent ainsi se charger d'une façon constante. Mais le gaz obtenu est très riche en acide carbonique. Les proportions sont :

	Environ en volume.	En poids.
CO^2	25	69,8
CO	12	22,2
H^2	63	8,1
	100	100,0

Dans ces différents gaz, la proportion de l'hydrogène, en volume, est très élevée. Aussi ce gaz, qui ne coûte pas cher, convient-il particulièrement pour gonfler des ballons quand on ne peut pas faire emploi d'hydrogène pur.

Il semble, d'ailleurs, que l'on peut se débarrasser, au moins pour cet emploi, de l'acide carbonique. C'est ce qu'obtenait M. Drumont en faisant barboter le gaz dans un lait de chaux.

Le graphique, représenté figure 18, que je dois à M. Guénot,

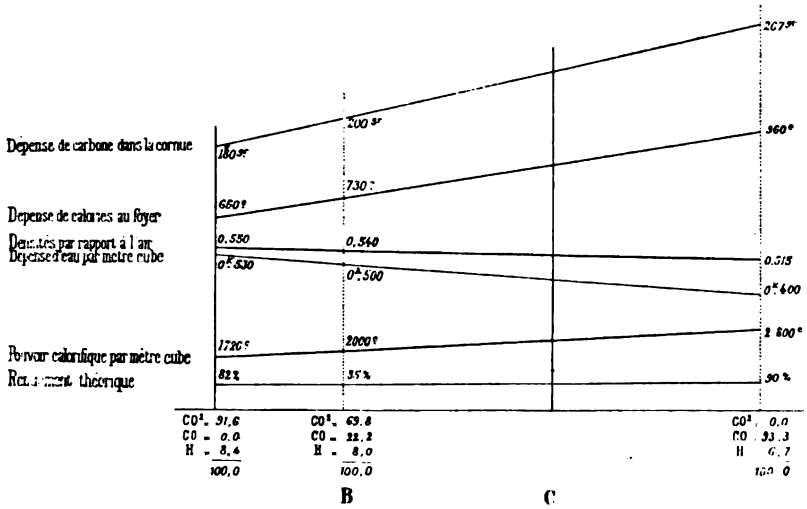


FIG. 18. — Graphiques relatifs au gazogène Guénot.

montre les dépenses de carbone dans la cornue, de calories dans le foyer, qui peuvent être faites avec son gazogène, suivant la proportion d'oxyde de carbone ou d'acide carbonique que l'on veut obtenir.

L'abscisse B représente le gaz que M. Guénot obtient couramment. D'autres lignes sont tracées qui représentent la densité par rapport à l'air du gaz produit, la dépense d'eau par mètre cube, le pouvoir calorifique du gaz par mètre.

Il est évident que celui-ci croît avec la proportion de l'oxyde de carbone, en même temps que la densité. Mais ceci ne serait plus vrai si on retirait, soit par le lait de chaux, soit par un

appareil comme l'appareil Mazza, l'acide carbonique et, dans ces conditions-là, les gaz produits seraient aussi riches et plus légers.

M. Guénot, contre le reproche qui lui était adressé, que son gaz était trop chargé d'acide carbonique, fait observer que le rendement de son appareil varie peu suivant la proportion d'acide carbonique et s'améliore même lorsque celle-ci est élevée, car l'acide carbonique se fait à température plus basse avec moins de perte aux parois et au foyer.

Il montre, en outre, que les courbes de dépense de calories au foyer et de dépense de charbon de bois dans la cornue ont des ordonnées à peu près proportionnelles et que, d'autre part, si la puissance calorifique varie rapidement, la densité varie très peu, parce que, si l'acide carbonique alourdit le gaz, en revanche une proportion plus grande d'hydrogène l'allège. Il montre donc, enfin, qu'au point de vue économique la proportion d'acide carbonique doit avoir peu d'importance et que, quand elle est élevée, le gaz est beaucoup moins nocif.

Je suis d'avis que ces appareils à cornues sont fort onéreux et qu'il ne faut pas, en général, songer à des gazogènes semblables pour l'alimentation des moteurs. Mais le gaz à l'eau est particulièrement avantageux pour quelques industries, pour les lampes d'émailleurs en particulier. Il permet, comme je l'ai dit, d'obtenir des températures aussi élevées que celles du gaz de houille, doit, même avec un appareil onéreux, comme un gazogène à cornues, revenir meilleur marché que le gaz de ville, et l'appareil Guénot est remarquable par sa simplicité, sa facile conduite, son peu d'encombrement, qui doivent le faire préférer dans beaucoup d'installations. Les gazogènes de gaz à l'eau discontinus sont plus encombrants et plus coûteux, comme frais de première installation.

Il me reste à décrire les gazogènes de gaz à l'eau les plus économiques, ceux qui fonctionnent sans cornue.

Je les ai déjà séparés en deux classes : ceux où la combustion s'effectue complète pendant le passage de l'air et ceux qui

fonctionnent en gazogènes à gaz pauvre pendant cette période et que l'on pourrait appeler gazogènes du type Strong, où la couche du combustible est épaisse et où le gaz produit brûle, avec l'air secondaire, dans des chambres disposées à la suite du gazogène.

Je parlerai d'abord des gazogènes du premier type.

GAZOGÈNE DELLWIK-FLEISCHER

Ce gazogène est d'un type plus récent que celui des gazogènes Strong.

Il se compose essentiellement d'une cuve en produits réfractaires, enfermée dans une chemise métallique, et dans laquelle le combustible est amené par une trémie centrale, ainsi qu'il est visible dans les figures 19 et 20.

L'ouverture de cette trémie sert, en même temps, de cheminée pour l'évacuation des gaz brûlés pendant la période de réchauffage.

Ce qui caractérise ce gazogène, c'est, ainsi que je l'ai dit, que la couche de charbon n'est pas très épaisse et est disposée de façon à ce qu'un excédent d'air puisse la traverser.

A cet effet, on dispose au bas du gazogène l'arrivée d'air d'une soufflerie et l'on alimente le gazogène uniquement avec du coke, en assez gros morceaux, de la grosseur du poing au moins, de façon que les vides soient suffisamment considérables entre les morceaux, pour que l'air puisse traverser et que l'acide carbonique ne soit pas nécessairement réduit.

On voit, sur les deux figures 19 et 20, les tuyauteries d'arrivée de l'air soufflé et la vanne, avec une commande sur le plancher supérieur qui permet, au moyen d'un levier, d'interrompre ou d'ouvrir l'accès de l'air.

L'arrivée de la vapeur d'eau, pendant la période suivante, peut se faire, soit en dessus, soit en dessous du combustible,

mais il est évident qu'elle refroidit, de préférence, la face qu'elle atteint la première.

Aussi y a-t-il intérêt à ce que le sens de l'arrivée d'eau soit fréquemment modifié dans une couche de charbon d'épaisseur relativement faible.

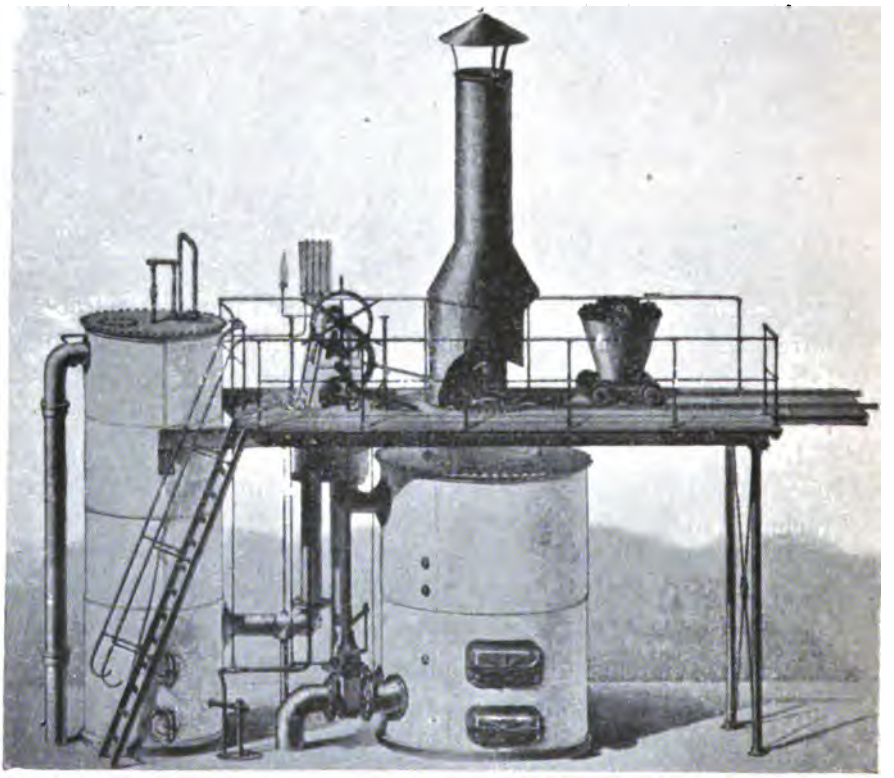


Fig. 19. — Gazogène Dellwik-Fleischer (vue d'ensemble).

On voit, dans les figures représentant le gazogène, les conduites de vapeur d'eau aboutissant, soit au bas du gazogène, à la hauteur de la soufflerie d'air et au-dessous de la grille, soit plus haut, au-dessus de la couche du combustible. Une vanne, réglée par un volant, permet d'ouvrir et de fermer, alternativement, l'une ou l'autre de ces conduites et, de même,

on peut ouvrir en même temps, ou fermer, des conduites à la même hauteur, qui reçoivent le gaz à l'eau et le conduisent, d'abord, dans un joint hydraulique et, de là, l'évacuent.

Les deux figures que je présente et dont l'une, schématique, est empruntée à un article de M. Laverchère dans le *Génie civil*, montrent des dispositions qui ne sont pas absolument les mêmes.

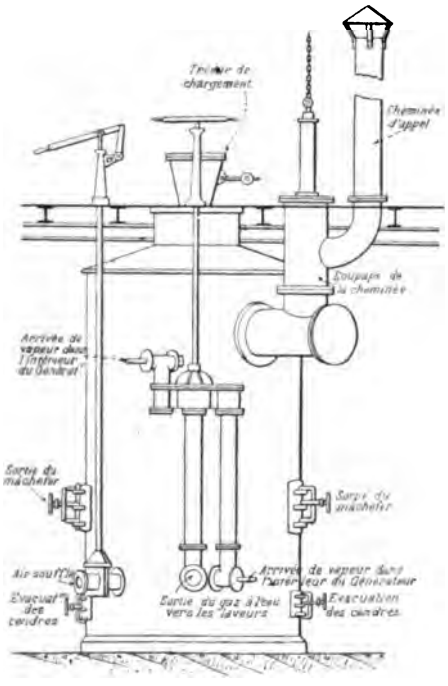


FIG. 20. — Gazogène Dellwik-Fleischer (dessin explicatif).

Notamment l'une présente une cheminée centrale; l'autre, une cheminée par côté.

Cependant, la disposition générale est bien la même : le combustible arrive sur une plate-forme supérieure, pour être versé dans la trémie et le mâchefer s'enlève, par deux portes opposées, au-dessus de la grille.

Le gaz qui s'en va du gazogène, traverse d'abord un scrubber où il se lave et se refroidit, et est ensuite envoyé au gazomètre,

appelé gazomètre compensateur, qui a pour but de régulariser la quantité et la qualité, toutes les deux variables, du gaz produit, suivant les périodes.

Les expériences faites sur ce gazogène ont établi que, pendant l'insufflation, la combustion est presque complète et que la production de l'oxyde de carbone ne dépasse guère 2 0/0.

Cette combustion dure peu de temps.

On estime, en effet, qu'en deux minutes environ, le coke est suffisamment réchauffé, ce qui tient en partie à la grande quantité de chaleur mise en liberté par la combustion, et aussi à la bonne conductibilité du coke.

L'insufflation de la vapeur peut durer huit minutes, et l'on voit ainsi qu'il ne faut pas un gazomètre compensateur bien considérable pour que ce gazogène puisse fonctionner isolément et fournir du gaz, à un four, d'une façon régulière.

On estime à $2^{mc},3$ la quantité de gaz produit par 1 kilogramme de carbone pur et, si l'on se reporte au pouvoir calorifique évalué à 2.550 calories, cela donne le rendement industriel de 72,7 0/0 pour ce gazogène.

C'est un chiffre satisfaisant, surtout si on le compare au rendement des appareils de gaz de ville, qui sont leurs seuls concurrents pour l'éclairage, et il semble que ce chiffre pourrait être élevé et porté à 80 0/0, si l'on voulait bien récupérer la chaleur entraînée par les fumées et le gaz à l'eau qui sortent à haute température.

Il est évident que l'on pourrait employer d'autres combustibles que le coke; mais celui-ci s'offre plus volontiers, puisque le principal emploi des gazogènes de gaz à l'eau semble réservé aux usines à gaz, où le coke peut être conduit au gazogène, à la température du rouge, en sortant des cornues.

MM. Dellwik et Fleischer ont fait des essais, notamment sur le charbon gras et le lignite. Ils ont obtenu de bons résultats en faisant distiller, au préalable, ces combustibles, sur une sole inclinée, aboutissant au haut du gazogène, où le combustible se rend ainsi à l'état de coke et joue le même rôle que ci-dessus.

Il convient, encore, de montrer le plan d'une installation complète, car, ainsi que je le dirai plus loin au sujet des gazogènes Dowson, la cuve même du gazogène n'est qu'une partie de l'installation, et il faut attacher le plus grande intérêt à tout l'ensemble de ce gazogène.

Nous avons déjà vu que, pour une cuve du gazogène Dellwik Fleischer, il fallait prévoir les dispositions, permettant d'amener le combustible. Celles-ci sont très simples. Il suffit de mettre la cuve dans une fosse, afin que la trémie soit au niveau du plancher, ou d'avoir un plancher supérieur, où le charbon aboutisse par des wagonnets et d'où l'on puisse commander les vannes de renversement, au moyen de leviers et de volants.

C'est la disposition des figures 19 et 20.

Il faut aussi disposer des chaudières, pour fournir la vapeur, et des machines soufflantes pour fournir l'air comprimé.

Il semble qu'il serait particulièrement convenable d'alimenter, au gaz à l'eau, les chaudières et les moteurs des souffleries.

Enfin, après le scrubber et le gazomètre compensateur, il faut songer aux épurateurs chimiques. Ceux-ci sont semblables à ceux que je décrirai plus loin pour les gazogènes à gaz pauvre ; ils se composent essentiellement de claies sur lesquelles sont déposés les produits que le gaz doit traverser et sur lesquelles il réagira.

C'est ainsi que l'on détruira l'acide sulfhydrique par le passage sur des oxydes de fer, et le fer carbonyle d'une autre manière.

Enfin, le plus généralement, il convient de faire traverser un compteur, si l'on enregistre la production de l'appareil, et le gaz se rend ensuite au gazomètre, s'il doit être livré tel quel. C'est la disposition représentée dans la figure 21.

On voit encore, dans celle-ci, différentes dispositions heureuses de by-pass, permettant notamment d'éviter le compensateur et le gazomètre et de mettre, hors circuit, chaque appareil d'épuration, en cas de besoin.

Si, au contraire, on désire carburer, au benzol, le gaz à l'eau

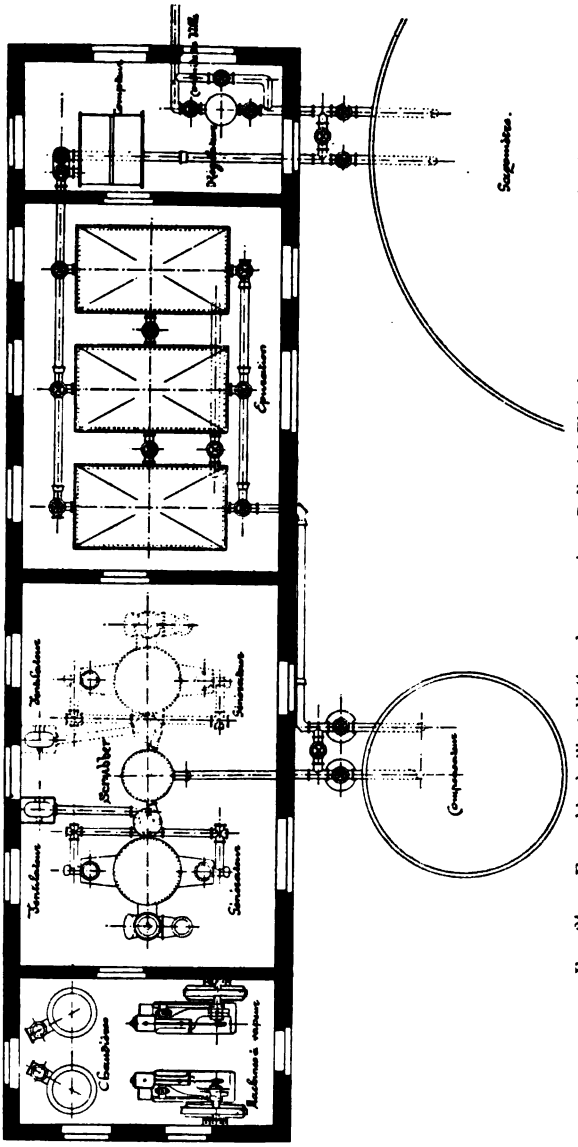


Fig. 21. — Ensemble de l'installation des gazogènes Dellevick-Fleischer pour gaz non carburé.

après son mélange avec du gaz d'éclairage, la disposition d'ensemble doit sensiblement différer.

C'est ainsi que l'on voit, dans la figure 22, le gaz à l'eau

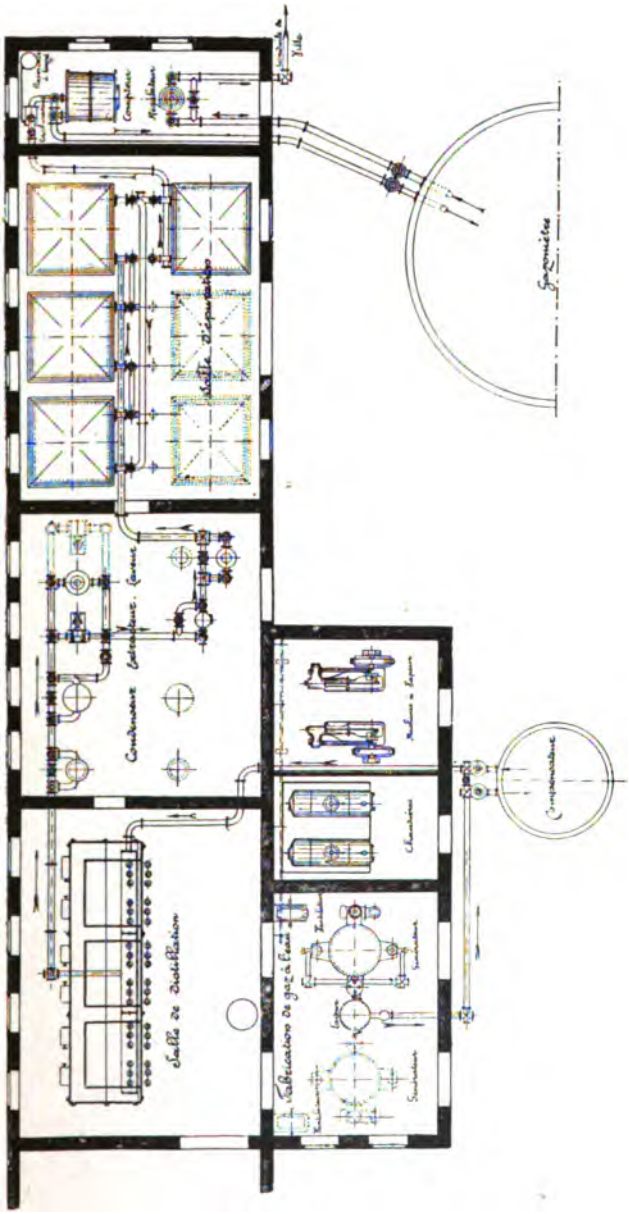


FIG. 22. — Ensemble de l'installation des gazogènes Dellwick-Fleischer pour gaz à l'eau carburé au benzol et mélangé au gaz de ville.

venir se mélanger au gaz de ville, traverser avec celui-ci tous

les appareils d'épuration, et aboutir à l'appareil de carburation, qui lui assure le pouvoir éclairant nécessaire, puis tra-

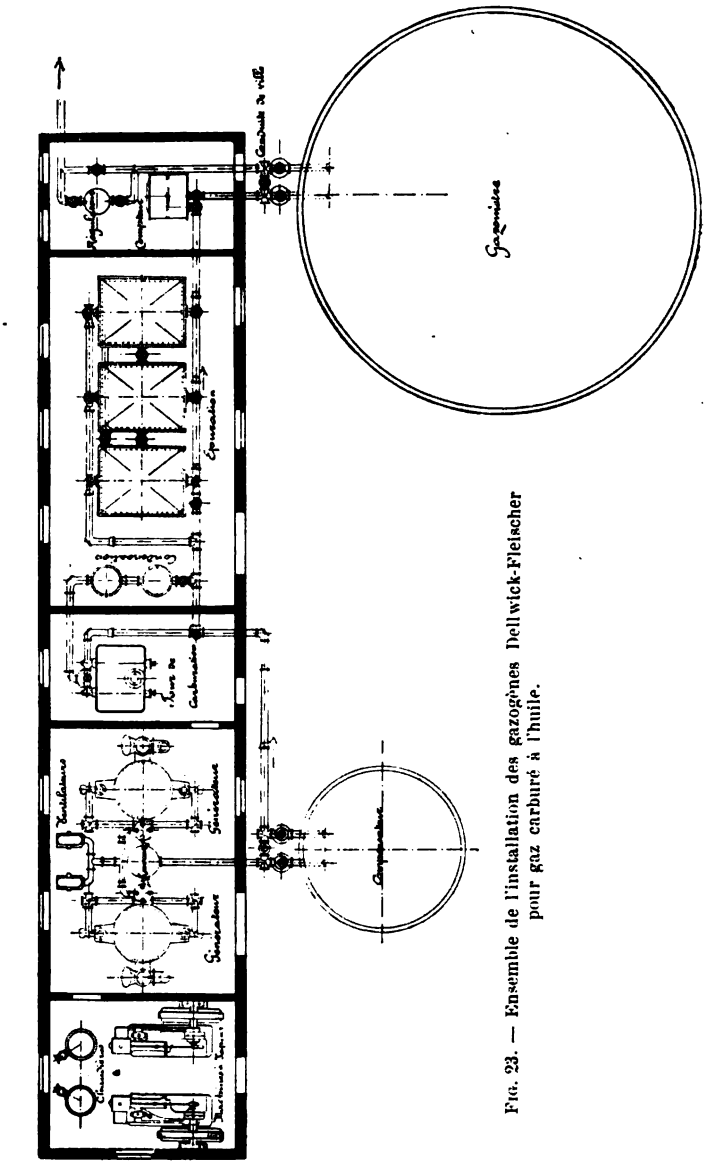


Fig. 23. — Ensemble de l'installation des gazogènes Dellwick-Fleischer pour gaz carburé à l'huile.

verser enfin le compteur principal de fabrication pour, de là, venir au gazomètre.

J'ai supposé, ici, que la carburation se faisait au benzol.

Si, au contraire, elle se fait à l'huile, il convient de faire cette carburation, dans un four spécial, fortement chauffé et de faire traverser ensuite, au gaz, des condensateurs et des épurateurs. C'est la disposition de la figure 23.

Si la carburation à l'huile se fait en même temps que le mélange au gaz de ville, il est tout naturel qu'elle se fasse dans la salle de distillation du gaz de ville, et il n'est pas nécessaire d'avoir un four spécial.

Le gazogène Dellwik-Fleischer est employé déjà dans un très grand nombre d'usines d'Allemagne et d'Angleterre.

Je n'en donnerai pas le détail ; mais il suffira de dire qu'en dehors de l'emploi de l'éclairage, de chauffage, de l'alimentation des feux de cuisine, beaucoup de gazogènes sont installés dans les sociétés métallugiques pour des fours Martin et surtout pour des fours à réchauffer, des foyers pour le soudage des tubes et des plus grandes pièces métallurgiques, en Allemagne, en Angleterre et en Suède, en Russie.

Enfin je signalerai encore des foyers pour la fusion du verre notamment dans l'Italie et dans le Danemark, des foyers pour la fabrique de différents produits chimiques, le grillage des minerais, etc...

En ce moment, la *Société pour l'exploitation des procédés de production des gaz industriels*, concessionnaire à Paris, établit un groupe important en Espagne, à Gijon, dans les usines de la *Compagnie populaire de Gaz et d'Électricité de Gijon*. Le gaz à l'eau servira à l'éclairage en le mélangeant pour 30 0/0 avec le gaz de houille. Il alimentera aussi deux moteurs Letombe de deux cents chevaux chacun.

Le gazogène Dellwik-Fleischer est très simple. Il est indiscutablement d'un meilleur rendement que les gazogènes du type Strong et du type Lowe et constitue certainement une solution parfaite de la fabrication du gaz à l'eau lorsque l'on emploie du coke et que l'on carbure le gaz à froid.

GAZOGÈNE SLOCUM

Ce gazogène américain est du même type que celui de

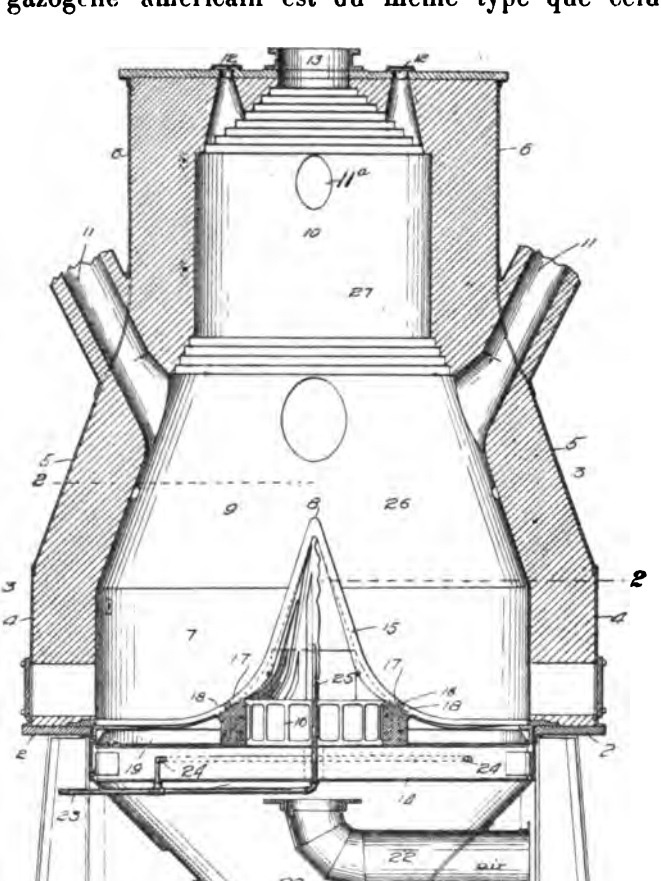


FIG. 24. — Gazogène Slocum.

MM. Dellwik et Fleischer, c'est-à-dire que l'on cherche à y faire une large admission d'air, pour que la combustion y soit

totale, dure peu de temps, élève fortement la température et permette des périodes de production de gaz à l'eau.

Dans le but d'empêcher que le charbon ne se soude et ne forme de voutes, la cuve du gazogène va en s'élargissant, de haut en bas.

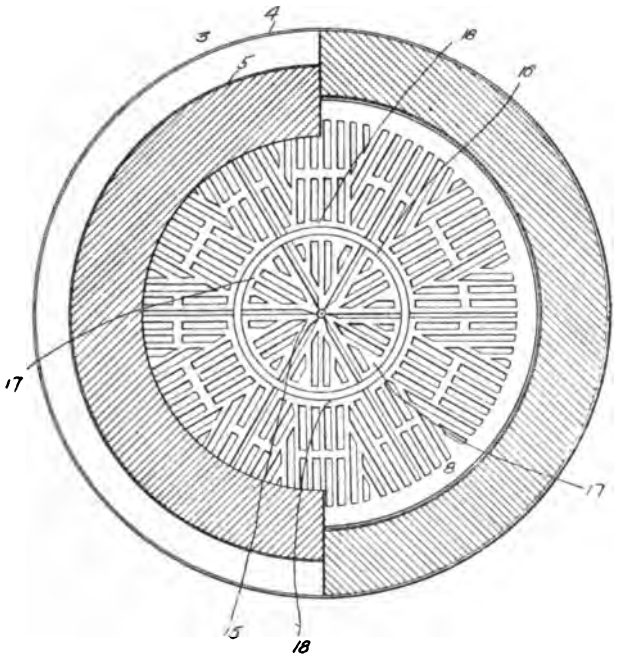


FIG. 25. — Gazogène Slocum (Coupe horizontale suivant 2,2).

Elle est divisée en deux parties : l'une, en forme de tronc de cône, dans la partie basse et dans laquelle la combustion se doit faire; l'autre cylindrique, au-dessus de la première et dans laquelle le combustible frais est introduit et distillé avant d'être brûlé par l'air.

Ce gazogène est représenté dans les deux figures 24 et 25, dont l'une est une coupe verticale et l'autre, une section horizontale, suivant la ligne 2, 2.

Cette section horizontale montre, en plan, la grille qui est assez singulière.

Elle est plate, sur sa partie extérieure et se relève en pointe très aiguë, dans la partie centrale, de telle sorte que l'air qu'elle laisse pénétrer, est distribué d'une façon très divisée dans le combustible et que, grâce à la forme des parois, qui vont en se resserrant et à la disposition de la grille, la couche du combustible ne peut jamais être traversée sous une grande épaisseur.

En outre, cette introduction d'air et plus tard de vapeur, qui se fait ainsi par le centre de la cuve, évite que les gaz ne suivent les parois.

Cette grille se compose de deux parties séparées entre lesquelles l'air pénètre en 16. Elle repose, par sa partie centrale, sur un tambour 16, maintenu lui-même par la galerie 19.

La partie extérieure de la grille est un plateau annulaire posé sur des consoles, fixées, et la couronne en fonte 22, qui, elle-même, supporte toute la maçonnerie et est soutenue par des colonnes.

On voit, au-dessus de cette couronne en fonte, des portes de décrassage.

Enfin, en 20, est représentée une trémie inférieure qui reçoit les cendres et qui peut être vidée par la porte 21.

L'air pénètre par la large conduite 22, se répand au-dessous de la grille, passe par les différentes ouvertures qui y sont figurées, traverse le charbon, qui, dans sa partie inférieure, est ainsi brûlé et sort, par les quatre ouvertures 11, en contenant très peu d'oxyde de carbone. La combustion aura dû être suffisamment complète.

Pendant la période suivante, la vapeur est introduite, dans la tubulure 23; elle pénètre, dans le milieu de la grille 15, 17, par la conduite 25 et, au-dessous de la partie extérieure 18 de la grille, par la conduite circulaire 24, qui est percée de trous.

La vapeur traverse tout le coke rouge qui remplit la partie basse du gazogène, puis traverse la partie supérieure du combustible et le distille grâce à sa haute température.

Le gaz ainsi formé s'évacue par l'ouverture 11.

On voit encore, sur la figure, la porte supérieure 13, par

laquelle le combustible est introduit et les trous de piquage 12,12.

Je n'ai aucun détail sur le fonctionnement de ce gazogène et je ne vois pas très bien ce qui protège la grille contre une rapide oxydation, ni les procédés que l'on doit employer pour la nettoyer.

Cependant cette disposition centrale de l'arrivée de l'air et de la vapeur d'eau est évidemment une disposition très heureuse, qui est commune à presque tous les gazogènes américains.

Il semble, pour les mêmes raisons que précédemment, que ce gazogène fournit une solution simple et doit donner un bon rendement.

GAZOGÈNE BLASS

Si j'ai bien compris le gazogène Blass, il est assez original. Aussi le signalerais-je ici, quoique son type ne me semble pas bien définitif.

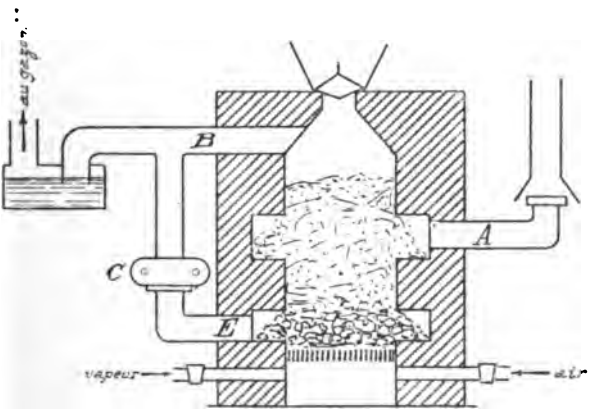


Fig. 26. — Gazogène Blass.

La figure 26 le représente schématiquement. L'air, étant chassé en dessous de la grille, traverse le charbon réduit à ce moment à l'état de coke et s'échappe en A.

Comme la zone qu'il a traversée est peu haute, on peut admettre que la combustion a été complète et que les gaz qui s'échappent par la cheminée sont surtout formés d'acide carbonique et d'azote.

Le charbon, entre le niveau de la grille et celui de l'orifice A, se trouve alors porté à très haute température.

On interrompt l'arrivée d'air, et l'on fait pénétrer de la vapeur sous la grille. Cette vapeur se transforme en gaz à l'eau, en brûlant le charbon tant que la température est suffisamment élevée. Elle traverse aussi la couche de charbon de la partie supérieure et la distille en partie. Les gaz se rendent au gazomètre.

Lorsque la température baisse et que le gaz à l'eau ne se produit plus convenablement, on interrompt l'arrivée de la vapeur d'eau ; mais l'on produit artificiellement un courant de gaz venant de gazomètre par la tubulure E. Ce gaz s'échauffe dans la partie inférieure du combustible et facilite la distillation de la partie supérieure, ce qui produit un grand enrichissement du gaz.

Il est à présumer que M. Blass pense charger du charbon frais entre la seconde et la troisième phase de l'opération.

Le gazogène Blass permettrait donc d'obtenir du gaz à l'eau mélangé de gaz de distillation et par conséquent enrichi de produits volatils non décomposés par l'effet des hautes températures.

GAZOGÈNE TESSIER DU MOTAY

Les autres gazogènes qui produisent du gaz à l'eau dérivent tous du gazogène de Tessier du Motay, qui était un appareil d'un rendement détestable, puisque le combustible brûlé dans la cuve l'était d'une façon très imparfaite et que la moitié à peine de la chaleur disponible pouvait être utilisée pour la

transformation du charbon sous l'influence de la vapeur d'eau.

Ce gazogène Tessier du Motay est tout de même fort intéressant parce qu'il contient, en principe, tous les appareils qui devront servir, plus tard, à faire du gaz à l'eau et à le mélanger au gaz d'huile de façon à lui donner un pouvoir éclairant.

La figure 27, empruntée au Génie civil, représente une installation semblable; on y voit la chaudière, le générateur, avec son joint hydraulique, le gazomètre compensateur, le

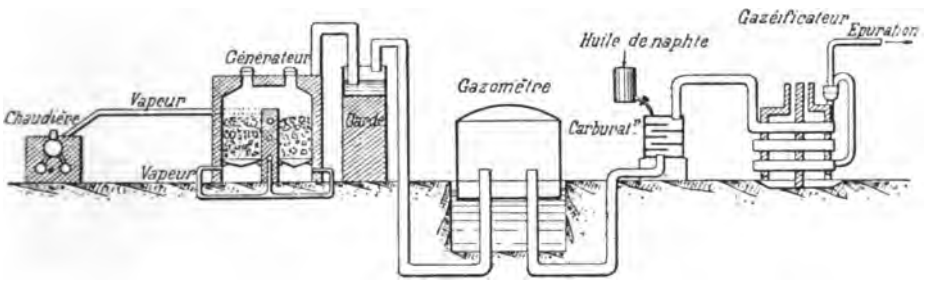


Fig. 27. — Gazogène Tessier du Motay.

carburateur et le four, où les carbures se transforment et se mélangent intimement au gaz à l'eau.

Les perfectionnements apportés ultérieurement au gazogène de Tessier du Motay consistent à utiliser la chaleur que peut fournir la combustion du gaz pauvre, qui est produit pendant le soufflage du gazogène.

En examinant la figure 27, on songe tout d'abord que cette utilisation pourrait, en partie, se faire en chauffant avec ce gaz pauvre le gazéificateur.

Cette solution est d'autant meilleure que la gazéification demande plus de chaleur.

La carburation à froid, au benzol, n'en demande pas. Celle, avec les huiles de naphte, en nécessite, au contraire, beaucoup et ne semble bien s'effectuer qu'à fort haute température.

Il est probable qu'il y a réaction d'un excédent de vapeur

sur ces carbures et que cette vapeur décompose le carbone que la haute température tend à mettre en liberté, ce qui fait une réaction endothermique.

Une autre manière d'utiliser la chaleur potentielle du gaz pauvre serait de l'employer dans un régénérateur ou dans un récupérateur à réchauffer la vapeur d'eau introduite pendant la production de gaz à l'eau.

Enfin un troisième moyen consisterait à réchauffer, de même manière, l'air d'admission pendant le soufflage.

C'est l'emploi de ces différents moyens qui constitue la différence essentielle des divers gazogènes que je vais décrire.

Certains inventeurs ont même créé des types différents rentrant dans l'une ou l'autre de ces catégories; c'est ce que notamment nous verrons à propos des gazogènes Strache.

Toutefois le gazogène Strong semble le type du gazogène du gaz à l'eau, dans lequel la vapeur est surchauffée dans le régénérateur, appelé à ce sujet surchauffeur.

Au contraire, le gazogène Lowe, qui cependant dérive du gazogène Strong, emploie la chaleur de combustion du gaz pauvre à surchauffer le mélange du gaz à l'eau et du carbure.

La différence est très caractéristique. Si, en effet, on place, à la sortie du gazogène, une chambre où aboutit l'air secondaire et où brûle le gaz, chambre qui accumule de la chaleur et constitue un régénérateur, c'est dans cette chambre que pénétrera d'abord la vapeur, dans les gazogènes du type Strong, puis la vapeur traversera le gazogène, de haut en bas, marchant en sens opposé de celui que l'air a suivi dans la première période.

Dans les gazogènes du type Lowe, au contraire, la vapeur suit le même chemin que l'air et les périodes de soufflage, de l'air et de la vapeur, sont seulement alternées.

GAZOGÈNE STRONG

Le gazogène Strong est déjà décrit dans l'ouvrage, publié en 1885, par M. Gustave Richard, auquel j'emprunte la figure 28 (*les Moteurs à gaz*).

Il se compose essentiellement d'une cuve verticale de

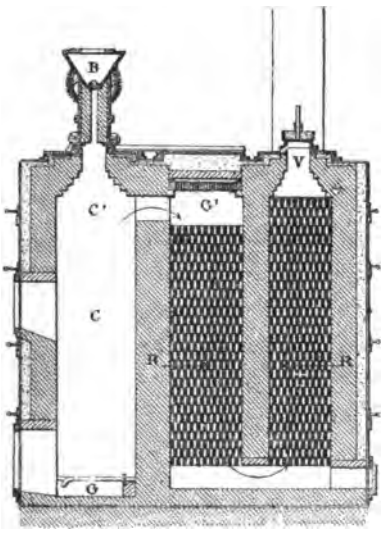


Fig. 28. — Gazogène Strong. Coupe verticale.

grande hauteur, où l'air arrive, sous la grille G, traverse toute la couche de charbon, qui est ainsi portée au rouge.

Il se forme, ainsi, du gaz Siemens qui rencontre une nouvelle couche d'air en G′ et brûle de haut en bas, puis de bas en haut dans les régénérateurs, en empilage de briques, RR′.

Un dispositif spécial est constitué par la trémie B, qui porte un moulin à sa base, de façon à pouvoir produire une pluie de charbon pulvérisé, pendant la période où la vapeur d'eau, introduite en V, et surchauffée dans les régénérateurs, qu'elle

parcourt en sens inverse, aboutit au sommet de la cuve et traverse le coke au rouge.

C'est ainsi que l'on obtenait, paraît-il, du gaz dont voici la composition :

Oxygène	0,77	8,05 Gaz inertes.
Acide carbonique	2,05	
Azote	5,23	
Carbures	4,11	91,95 Gaz combustibles.
Oxyde de carbone	35,08	
Hydrogène	52,76	
	100,00	

Ce procédé a été ensuite transformé par beaucoup d'inventeurs.

GAZOGÈNE GOODYEAR

On a songé, en particulier, à utiliser aussi la chaleur perdue par les gaz à l'eau qui quittent l'appareil.

Il semble que cette idée excellente a été, à tort, abandonnée, et j'avoue, pour ma part, que le gazogène Goodyear me séduit beaucoup.

Il est représenté (*fig.* 29), emprunté à l'ouvrage de M. Gustave Richard de 1892.

Il est facile de voir, dans ce dessin, que le gaz à l'eau obtenu par un procédé analogue à celui ci-dessus décrit, passe, à sa sortie du gazogène, dans le régénérateur qui lui fait face et auquel il cède une partie de sa chaleur.

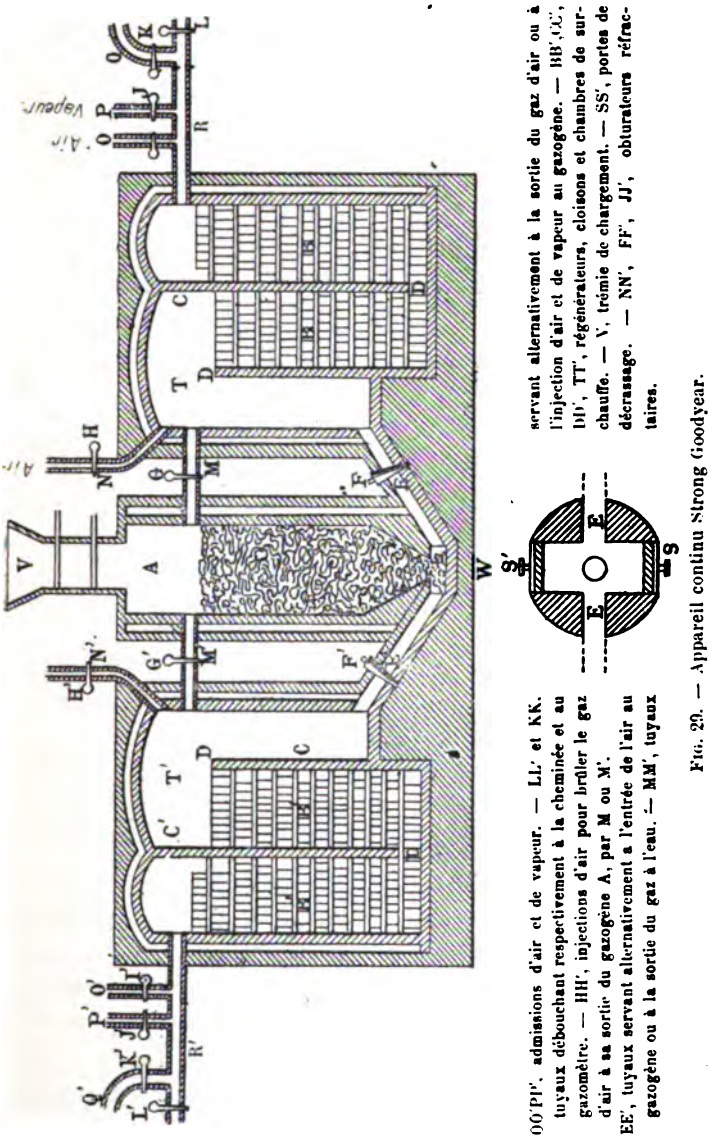
Le fonctionnement de ce gazogène est assez original.

Si l'air est admis à droite, en O, par exemple, il se réchauffe dans le régénérateur G′ puis pénètre dans le gazogène, échauffe le charbon, forme du gaz Siemens, qui vient brûler ensuite dans le récupérateur C′, grâce à l'arrivée de l'air secondaire en N′.

Les gaz brûlés s'échappent en L′.

C'est la première période.

Dans la seconde, la vapeur marche en sens contraire,



OO'PP', admissions d'air et de vapeur. — LL' et KK, tuyaux débouchant respectivement à la cheminée et au gazomètre. — HH', injections d'air pour brûler le gaz d'air à sa sortie du gazogène A, par M ou M'. EE', tuyaux servant alternativement à l'entrée de l'air au gazogène ou à la sortie du gaz à l'eau. — MM', tuyaux servant alternativement à la sortie du gaz d'air ou à l'injection d'air et de vapeur au gazogène. — BB', CC', DD', TT', régénérateurs, cloisons et chambres de surchauffe. — V, trémie de chargement. — SS', portes de décrassage. — NN', FF', JJ', obturateurs réfractaires.

FIG. 29. — Appareil continu Strong Goodyear.

pénètre par P', se surchauffe en C', se combine en gaz à l'eau et va perdre la chaleur entraînée dans le régénérateur C, pour sortir et aller au gazomètre par la tubulure K.

A la période suivante, c'est en O′ que l'air pénètre et marche de gauche à droite.

Enfin, dans la quatrième période, la vapeur progresse de droite à gauche.

Il y a donc quatre périodes différentes, le mouvement de l'air et de la vapeur change de sens à chaque deux périodes, la vapeur marchant dans le même sens que l'air qui l'a précédé, conformément au type originel Strong.

Évidemment un semblable appareil est très encombrant et nécessite beaucoup de vannes. Mais il me semble du plus haut intérêt et réalise, à mon avis, une solution excellente.

Il serait facile de remédier à certains de ses inconvénients On imaginerait facilement une disposition en plan, permettant, aux deux régénérateurs C et C′, ou bien d'être accolés, ou bien de converger vers une direction unique, ce qui permettrait de réduire l'encombrement et de faire aboutir à des conduites uniques les prises d'air, de vapeur, l'évacuation des fumées et du gaz d'eau.

GAZOGÈNE LOWE

Avec le gazogène Lowe, dont j'emprunte la description au même ouvrage, le gazogène Strong se modifie considérablement. Le bénéfice de la récupération partielle du pouvoir calorifique qu'emportent les gaz, qui s'en vont à la cuve après une combustion incomplète, ne peut plus être utilisé à faire du gaz à l'eau, mais seulement à des transformations accessoires du gaz d'huile, où leur emploi est encore plus imparfait.

Pour le chauffage, les gazogènes qui précèdent sont d'un rendement bien supérieur.

La solution ne peut être avantageuse que si l'on possède des carburants à chaud, qui reviennent bon marché et que l'on tienne à produire des gaz éclairants.

On voit, dans ce gazogène, représenté figure 30, en *a*, la cuve où est disposé le combustible et où l'air primaire pénètre sous la grille, la combustion se faisant de bas en haut.

Le gaz formé ressort par la tubulure *f*, pour aboutir à une chambre voûtée *g*.

Là, sont ménagées des ouvertures qui amènent l'air secon-

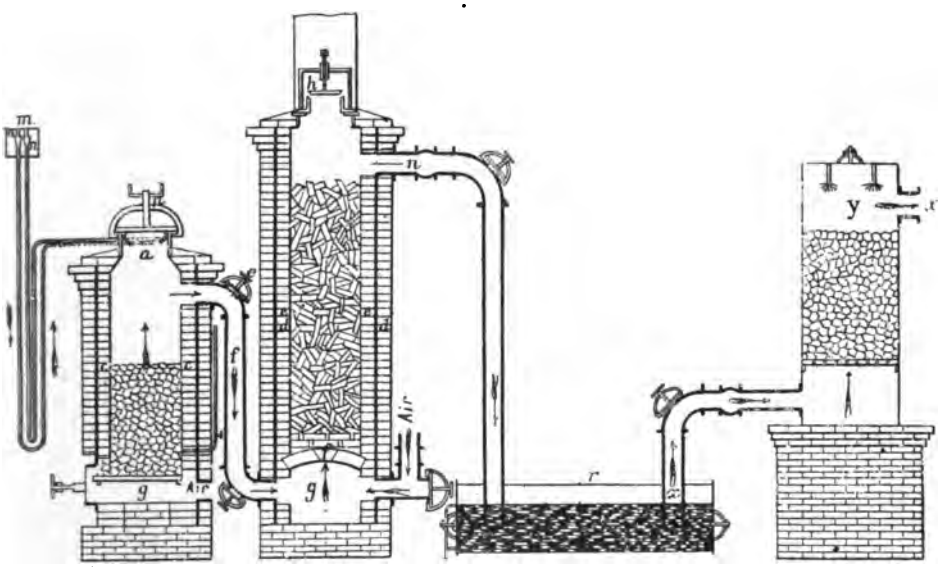


Fig. 30. — Gazogène Lowe, à l'anthracite.

daire. Le gaz brûle et les fumées échauffent très vivement l'empilage de briques, qui remplit la grande cuve verticale *ee*, puis s'évacuent au travers de la soupape *h*.

Dans la deuxième période, le soufflage de l'air est interrompu. La vapeur d'eau traverse le gazogène, et des huiles lourdes sont versées, en haut du gazogène, par le syphon *mn*.

Ces huiles se volatilisent, sont entraînées par le gaz à haute température ; elles passent dans le surchauffeur *ee*, qui élève encore leur température et permet les transformations chimiques qui s'opèrent, en présence du gaz, d'un excès de vapeur d'eau et des carbures.

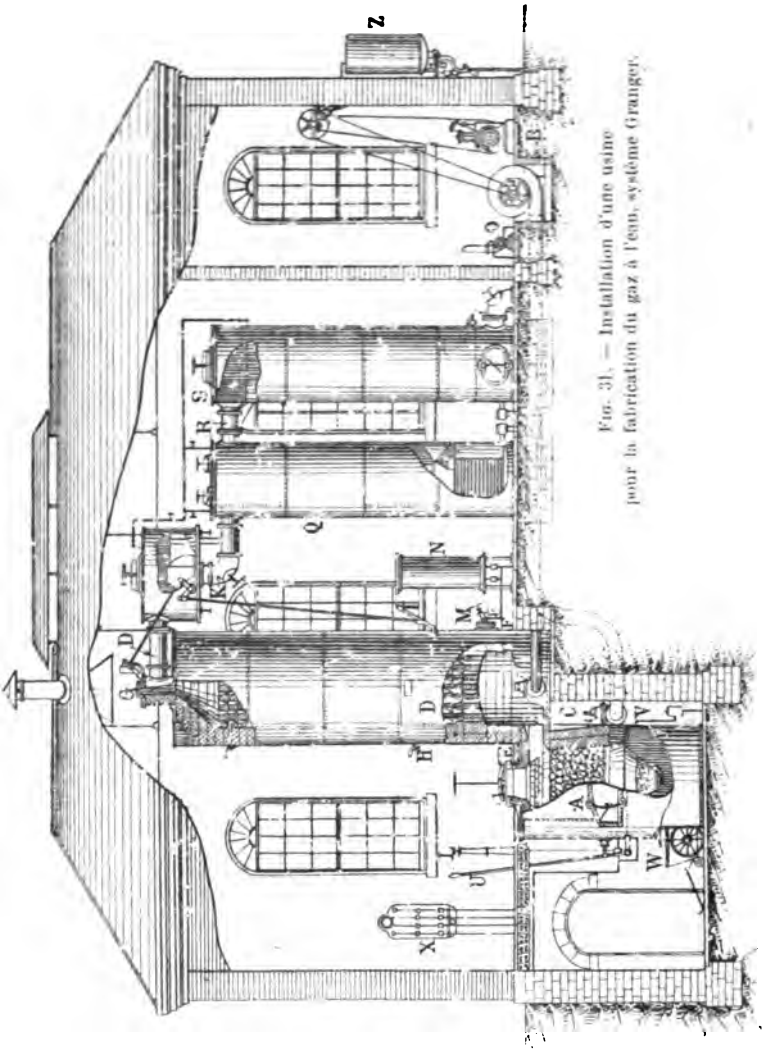


Fig. 31. — Installation d'une usine pour la fabrication du gaz à l'eau, système Granger.

Légende explicative

A, gazogène. — B, ventilateur. — C, clapet réglant l'admission de l'air. — D, surchauffeur. — E, passage des gaz du gazogène au surchauffeur. — F, clapet réglant l'admission de l'air pour la combustion des gaz qui passent du gazogène au surchauffeur. — G, clapet dont l'ouverture donne au gaz l'accès de la cheminée. — H, regard pour constater le degré de température du surchauffeur. — I, levier, qui, lorsqu'on manœuvre de haut en bas, ferme le clapet G et déplace vers la gauche l'obturateur J, qui, découvre alors la conduite K aboutissant dans la chambre Y. — L, levier pour régler l'admission de la vapeur d'eau sous la grille du gazogène. — M, injecteur des résidus de pétrole. — N, appareil pour le chauffage des résidus de pétrole. — O, pompe aspirant les résidus de pétrole du réservoir R pour les refouler dans l'appareil N. — P, tuyau de communication entre le surchauffeur D et la chambre Y. — Q, scrubber. — R, tuyau de communication entre le scrubber Q et le condenseur S. — T, tuyau par lequel le gaz passe du conducteur S dans les cuves d'épuration.

Ce gaz, ainsi carburé, traverse le joint hydraulique z, pour aboutir au scrubber y, qui le nettoie et le refroidit, et aller, de là, au gazomètre.

Ce gazogène Lowe a été perfectionné par différents constructeurs.

M. Richard cite encore les dispositions adoptées par M. Granger, qui sont représentées dans la figure 31, empruntée au même ouvrage et qui, avec sa légende, est suffisamment claire.

Il n'y a, en somme, de différence avec le gazogène précédent que dans l'arrivée des résidus de pétrole, qui aboutissent au bas du surchauffeur, au lieu d'être projetés en haut du gazogène.

GAZOGÈNE STRACHE

Le gazogène Strache est plus récent.

On le construit soit du type Strong, si le gaz ne doit pas être carburé ou doit être carburé à froid, soit du type Lowe, s'il doit être carburé à chaud.

Certains de ces appareils sont même présentés comme pouvant être employés de deux manières différentes, en variant la disposition des vannes, suivant les deux cas.

Ils se composent, en tous cas, essentiellement d'une cuve, où le combustible est déposé sur une grande épaisseur, et d'un surchauffeur, où se fait la combustion du gaz Siemens.

Les modèles diffèrent suivant le mode de carburation et l'importance que l'on veut donner aux organes.

La figure 32 représente un de ces appareils ; g_1 g_2 est la cuve, où l'air ou la vapeur pénètrent par la tubulure b, à moins que le gaz ne s'échappe par cette tubulure.

Cela dépend de la position de la vanne u, que je décrirai plus loin.

Dans cette cuve, on admet que le combustible est réduit à l'état de coke dans la zone basse g_1. Aussi, quand on souffle

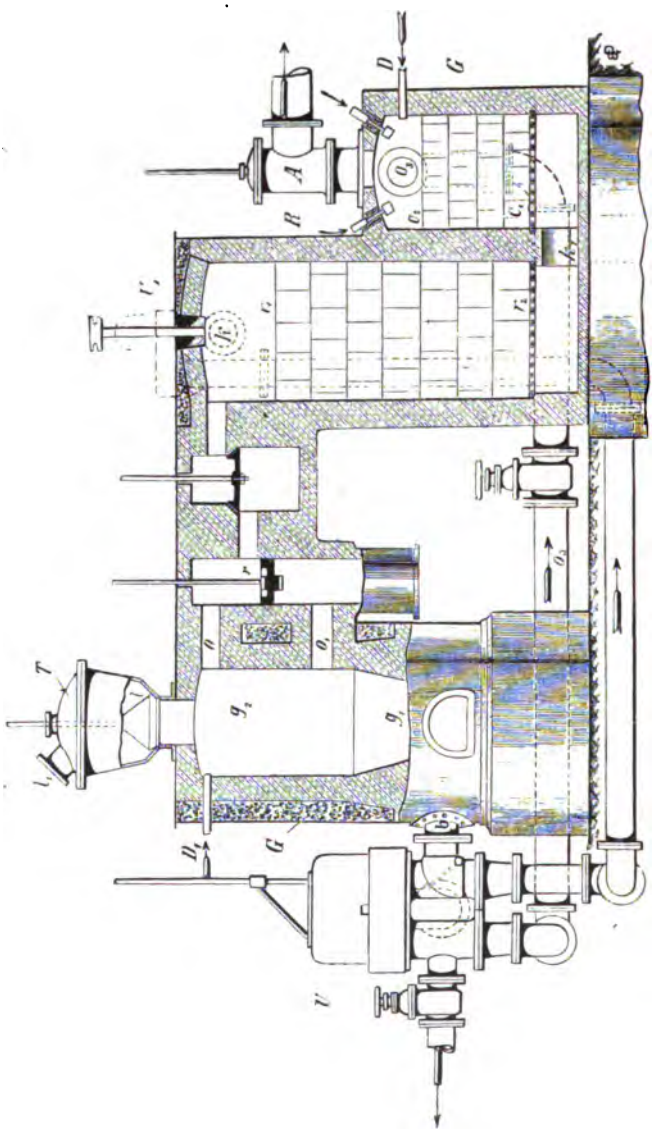


Fig. 32. — Gazogène Strache. Coupe de gazogène et des surchauffeurs.

l'air, fait-on sortir les gaz par le carneau o_1, sans leur faire traverser les couches supérieures du charbon, qui peut être insuffisamment distillé.

Une vanne-piston et une soupape règlent le passage de l'air et, quand elles sont ouvertes, lui permettent d'aboutir au surchauffeur r_1r_2, où l'air secondaire arrive par l'ouverture réglable k.

Le gaz brûle, de haut en bas, porte les parois et les empilages au blanc éblouissant, échauffe ensuite la seconde chambre c_1c_2 et s'échappe en A.

Si l'on veut, avec cet appareil, faire du gaz à l'eau pur ou carburé à froid, on introduira la vapeur par D.

La vapeur franchira en sens contraire g^2g^1 et r^2r^1. Le piston r étant placé comme sur la figure, la vapeur entrera, en O, dans le gazogène.

Comme, dans l'intervalle, on aura chargé du combustible frais, par la trémie T, dans la partie haute g_2 du gazogène, le gaz à l'eau aidera à la distillation de ce combustible, il traversera le coke, de haut en bas, en g_1 et le gaz à l'eau sortira, en b, pour aboutir aux appareils d'épuration et au gazomètre.

Veut-on, au contraire, faire du gaz à l'eau carburé à chaud, on introduira la vapeur d'eau en D_1 ; la communication sera fermée par la soupape, entre g_1g_2 et r_1r_2; le gaz, sortant en b, sera envoyé, par la conduite O_3, dans le surchauffeur c_2c_1, où les carbures seront injectés, au haut de la cuve, suivant les petites flèches.

Le mélange de gaz et d'huile franchira, ensuite, le surchauffeur chauffé à blanc r_2r_1, pour sortir en k, par la vanne u et être conduit à la vanne u et, de là, au gazomètre.

Il faut donc que la vanne u permette la communication du gazogène, soit avec la soufflerie d'air, soit avec le gazomètre.

Cette vanne est représentée dans la figure 33. Un tuyau courbé en U renversé est emboîté sur une tubulure t_1, et, autour de cet emboîtement, une rigole est disposée pour contenir du mercure.

L'autre extrémité du tuyau courbé k s'emboîte, de même, dans l'une des deux extrémités des tubulures t_2 et t_3, que l'on veut faire communiquer avec t_1.

Il suffit que l'emboîtement soit moins profond avec celles-ci

pour qu'en soulevant légèrement K et en le faisant tourner autour de t_1, on puisse mettre en communication t_1 avec t_2 ou avec t_3.

Ce qu'il y a à craindre, dans le cas actuel, c'est qu'il ne se

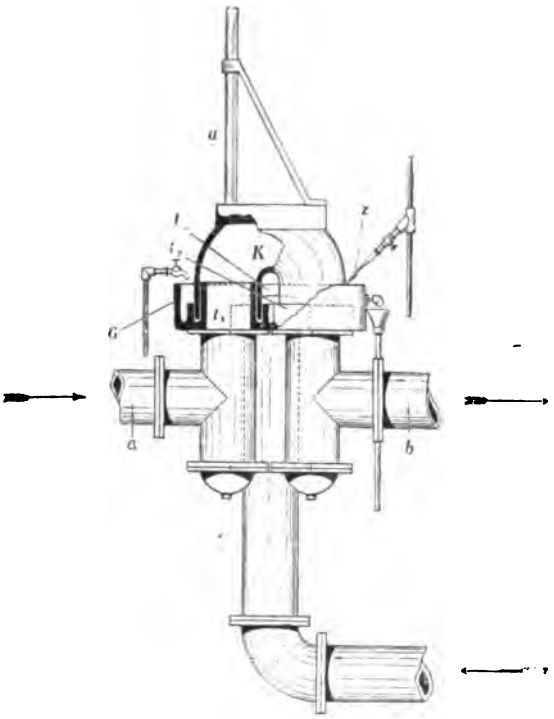


Fig. 33. — Vanne spéciale à trois voies du gazogène Strache.

mélange ainsi du gaz et de l'air formant un mélange explosif, entraîné dans les conduites.

Il suffit qu'une veilleuse z soit constamment allumée et brûle ainsi le gaz dès qu'il s'échappe, pendant les changements de marche.

Il ne peut être ainsi envoyé, dans les tubulures, que des gaz brûlés dont la présence ne peut présenter aucun danger.

Enfin, pour assurer l'étanchéité de l'appareil et refroidir le mercure qui entoure les trois emboîtements, une rigole exté-

rieure est constamment pleine d'eau. L'on voit, sur la figure, le robinet d'amenée et le trop plein.

La figure 34 montre schématiquement, en élévation, toute la suite des appareils constituant une installation, sauf la deuxième chambre de surchauffe, que l'on supprime dans les usines de moindre importance.

Les appareils se suivent dans le même ordre, à peu près, que ceux du gazogène Dellwik-Fleischer.

Après le scrubber, qui enlève les poussières et refroidit le gaz, est un pot, servant de joint hydraulique et recueillant les goudrons. Puis un petit gazomètre sert à compenser la marche intermittente du gazogène, surtout quand il n'y a qu'un seul gazogène, le fonctionnement avec plusieurs gazogènes étant bien plus régulier.

En g_1 est un filtre à sciure, et quelquefois à oxyde de fer pour débarrasser des sulfures, puis viennent les autres appareils, ainsi que l'indique la légende.

Je signalerai encore l'odorisateur, représenté en M, qui est employé avec tous les gazogènes à l'eau, quand le gaz doit être distribué dans les habitations et qu'il est nécessaire que les fuites, qui se produiraient, soient rapidement signalées, afin d'éviter tout accident.

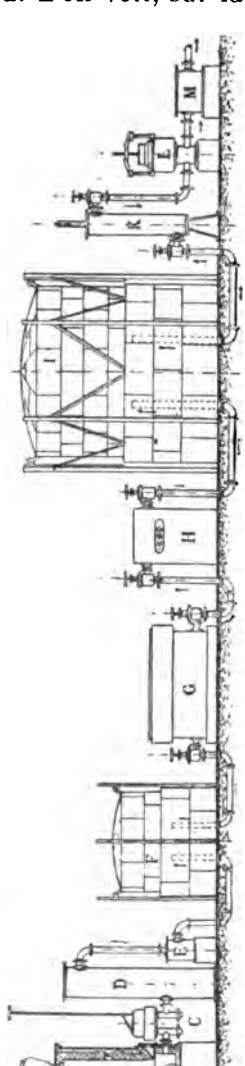


FIG. 34. — Schéma de l'ensemble d'une installation pour produire le gaz à l'eau par le système du docteur Strache.

Il suffit de mélanger au gaz des corps à odeur très pénétrante,

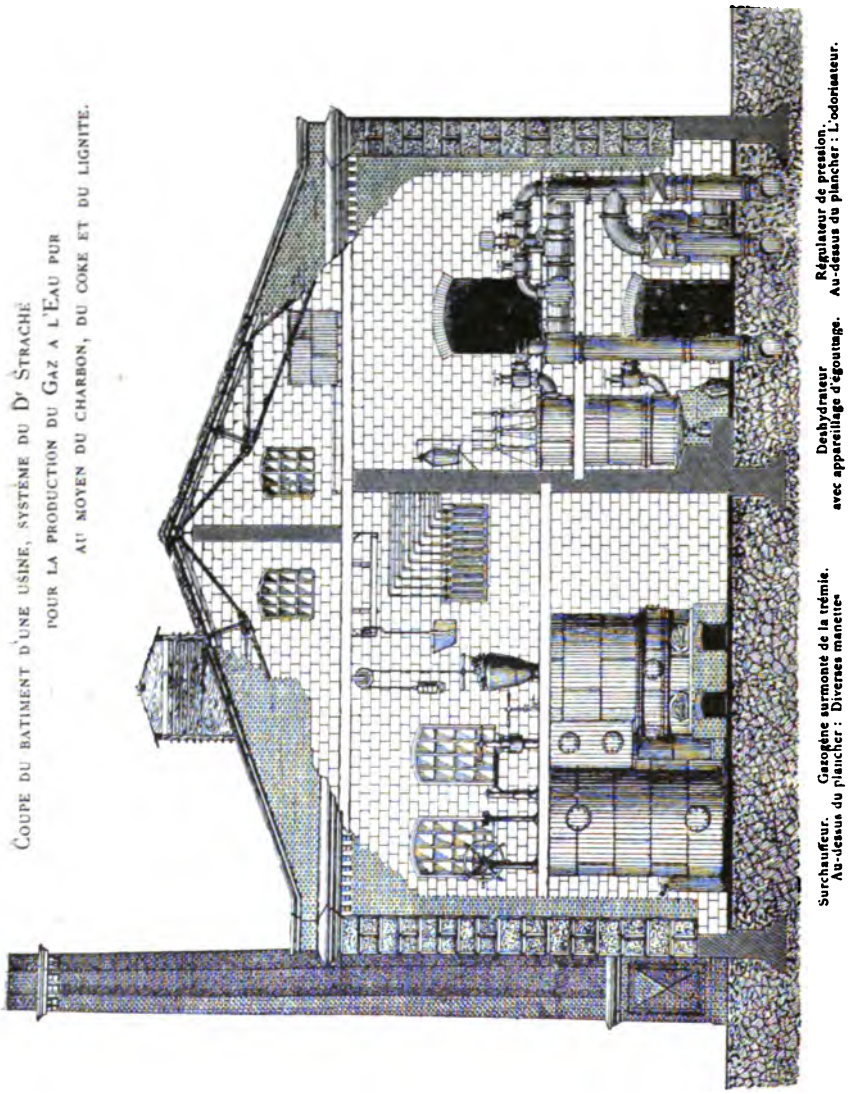


Fig. 35.

tels que le mercaptan ou le carbylamine. Quelques grammes pour 100 mètres cubes suffisent.

Il y a là une sage précaution qui n'est pas onéreuse.

Enfin, quand le gaz doit circuler dans des conduites, où la vapeur entraînée pourrait se condenser, et même geler, il convient de dessécher le gaz, au moyen de l'acide sulfurique concentré.

C'est un appareil semblable qui est représenté en K.

La figure 35 montre encore, en élévation, par la coupe d'un bâtiment, l'ensemble des appareils d'un gazogène Strache.

On y remarque, comme dans presque toutes les installations de gazogènes, l'utilité d'un plancher au-dessus du gazogène et du surchauffeur, afin de réunir, à côté de la trémie de chargement, les commandes de toutes les vannes et le tableau des manomètres, pour que le gazier ait, à la portée de la main et sous les yeux, tout ce qu'il lui faut pour diriger la fabrication.

La figure 36 montre, de même, le plan d'une installation analogue et est suffisamment expliquée par sa légende.

Le gazogène Strache, ainsi que je l'ai montré, fonctionne de deux manières, suivant que l'on fait du gaz à l'eau carburé à froid ou non carburé, ou du gaz à l'eau carburé à chaud. Il se rapproche ainsi, alternativement, du type Strong, ou du type Lowe.

Cependant il diffère de celui-ci et des gazogènes du type Dellwik-Fleischer, en ce que la vapeur circule toujours, dans le combustible, de haut en bas.

Grâce à cette disposition, le gaz ne peut pas entraîner de produits de distillation, sans que ceux-ci aient dû traverser la zone du coke rouge.

Aussi peut-on employer, dans le gazogène Strache, d'autres combustibles que le coke, même les charbons à longue flamme et les lignites, paraît-il.

Il faut, en tous cas, dans ce gazogène comme presque dans tous les autres, éviter l'emploi des charbons collants, qui formeraient des voûtes.

Les gazogènes Strache sont installés dans plusieurs villes de

l'étranger, notamment pour l'usine municipale de la ville de

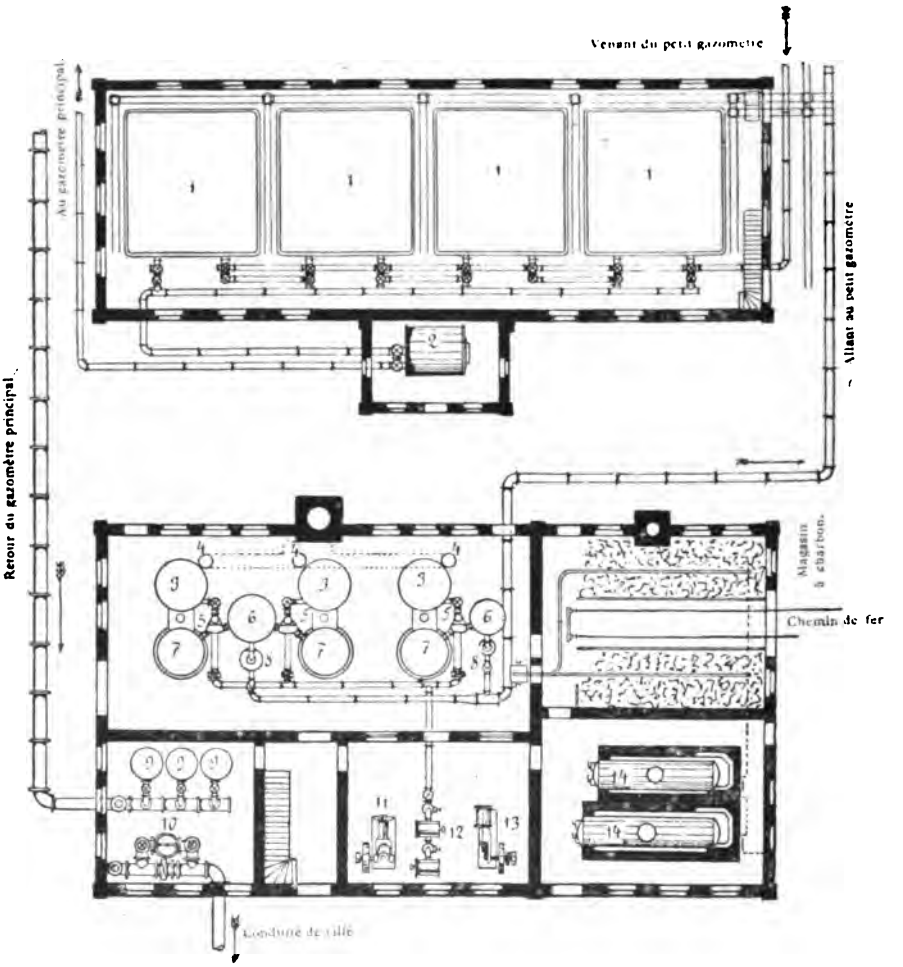


FIG. 36. — Plan d'une installation de gazogènes Strache.

Pettau (Styrie), de Rzeszow (Galicie), d'Ibenburen (Westphalie), etc.

GAZOGÈNE HUMPHREY ET GLASGOW

Ce gazogène est très fréquemment employé en Amérique; il est utilisé aussi en Angleterre.

C'est, en somme, un gazogène Lowe perfectionné.

La figure 37 représente une installation intéressante dans son ensemble.

On remarquera, comme dans le gazogène Strache, la disposition d'un plancher élevé, qui convient très bien à l'alimentation du combustible en réserve dans une chambre supérieure, à la surveillance de tous les appareils et à la commande des vannes.

C'est une disposition parfaite.

Les appareils se suivent, dans l'ordre accoutumé, le gazogène, le récupérateur, le surchauffeur, un joint hydraulique formant laveur, un scrubber et un refroidisseur.

On voit, dans la figure, la disposition de la soufflerie qui envoie une partie de l'air dans le gazogène, une partie de l'air dans le régénérateur et une partie dans le surchauffeur.

La combustion du gaz se fait, en effet, partie dans l'un des appareils et partie dans l'autre, au lieu d'avoir lieu totalement dans le premier.

Quand on veut employer les chambres avec empilage de briques que l'on appelle ici surchauffeurs, comme régénérateurs, c'est-à-dire pour servir à réchauffer l'air, il vaut mieux que la combustion se fasse totalement dans la première chambre, qui est portée à très haute température et que les fumées arrivent, dans la seconde chambre, à moins haute température, pour y laisser la plus grande partie de ce qu'elles conservent de chaleur, de façon à ce que le refroidissement se fasse en deux degrés et que le réchauffage ultérieur s'effectue de même.

Au contraire, quand il s'agit de transformer les vapeurs

d'huile, au contact du gaz à l'eau et d'un excédent de vapeur, il faut que les températures auxquelles les réactions s'effectuent

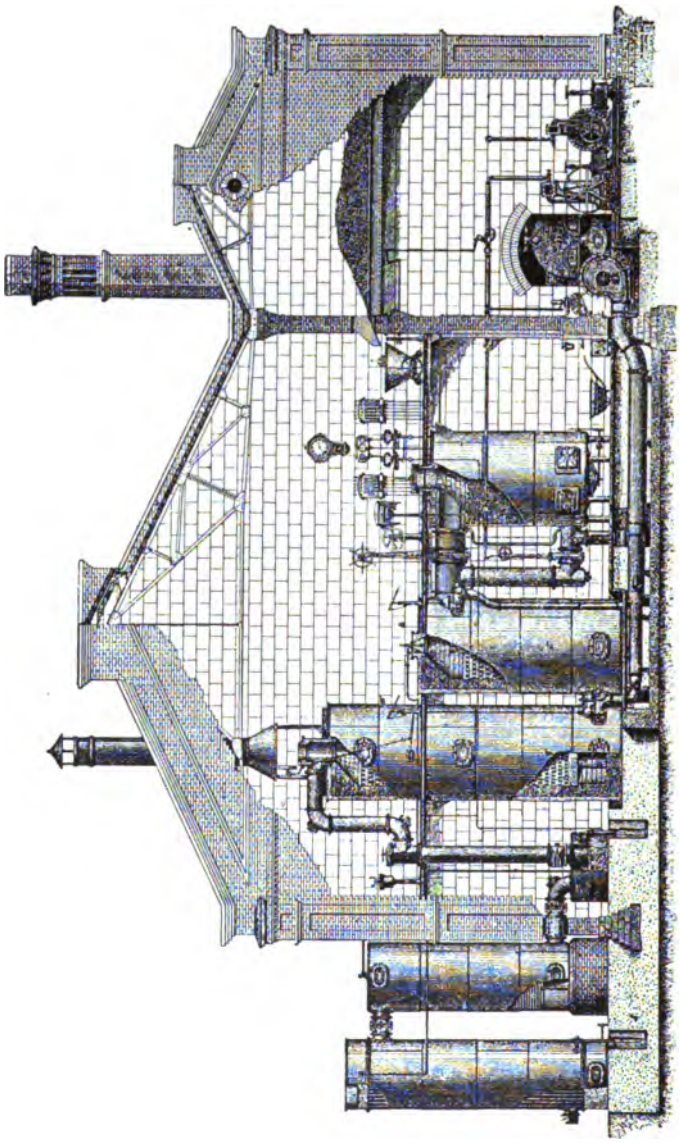


Fig. 37 — Gazogène Humphrey et Glascow.

soient très élevées, et il convient même que la température soit la plus haute dans le second appareil.

On obtient ce résultat, en faisant deux combustions successives correspondant à un accès d'air, d'abord dans le premier appareil et ensuite dans le second.

Il faut, en effet, que la température soit suffisante dans le premier appareil pour maintenir les gaz chauds et distiller l'huile. Une petite arrivée d'air y aura suffi, tandis que la combustion principale doit avoir lieu dans le surchauffeur.

Je regrette, encore une fois de plus, de ne pas voir utiliser les chaleurs perdues du gaz à l'eau, qui, avec un semblable surchauffeur, s'échappent au moins à 800 ou 900°; il serait cependant facile de les utiliser au réchauffage de l'air.

Ce qui retient probablement les constructeurs, c'est la crainte de produire accidentellement des mélanges d'air et de gaz qui pourraient occasionner de graves accidents.

Il faudrait pour l'éviter employer des récupérateurs, et ce sont des appareils délicats et onéreux.

GAZOGÈNE PINTSCH

Le gazogène Pintsch fournit une solution assez originale pour permettre l'emploi de charbons quelconques dans un gazogène de gaz à l'eau.

Il entre dans la catégorie, que je mettrai à part quand il s'agira des gazogènes à gaz pauvre, dite des gazogènes à deux cuves.

Il fonctionne comme tous les gazogènes de gaz à l'eau, en marche intermittente; mais le sens de la marche dans les deux cuves pendant la fabrication du gaz à l'eau, est, chaque fois, renversée.

On insuffle d'abord de l'air, dans les deux cuves, pour porter le charbon qu'elles contiennent à 1.000° environ, puis on charge du charbon frais, dans l'une des cuves, et l'on introduit la vapeur, au bas de cette même cuve, de façon que le gaz

à l'eau formé et le gaz de distillation qui se dégagent des charbons frais, traversent la seconde cuve de haut en bas.

Ensuite on réchauffe les deux gazogènes, avec insufflation d'air, et quand on voudra faire du gaz à l'eau, on mettra le charbon frais, cette fois-ci, au sommet de la seconde cuve, et c'est au bas de celle-ci que l'on introduira la vapeur.

GAZOGÈNE KRAMERS ET AARTS

Le gazogène Kramers et Aarts est, lui aussi, un gazogène à deux cuves, mais sa disposition est plus originale, parce que les surchauffeurs sont placés entre les deux cuves, de telle sorte que, lorsque l'on fait de la combustion directe dans une cuve; où l'on a chargé du charbon frais, le mélange de gaz à l'eau, de vapeur et des produits de la distillation, va traverser les surchauffeurs, afin que les transformations chimiques qui doivent s'effectuer à haute température, aient lieu et soient parachevées en traversant de haut en bas le combustible réduit à l'état de coke au rouge vif, qui remplit la seconde cuve.

Ce gazogène est représenté figures 38, 39 et 40.

Dans la figure 38, on voit, au premier plan, les deux gazogènes qui communiquent, en haut de la cuve, ainsi que le montre la figure 39, par un large caniveau, sans aucune vanne intermédiaire, avec les régénérateurs qui sont formés d'empilages de briques.

Les deux régénérateurs 3 et 4 se trouvent donc, ainsi, placés en élévation sur un massif de maçonnerie et derrière les deux gazogènes 1 et 2, avec lesquels ils communiquent librement.

Au haut des deux régénérateurs, ou plutôt surchauffeurs, est disposé un large caniveau 5, qui les met, tous deux, en communication l'un avec l'autre, et donne, en même temps, accès à une cheminée verticale, par une vanne 7 (*fig.* 40).

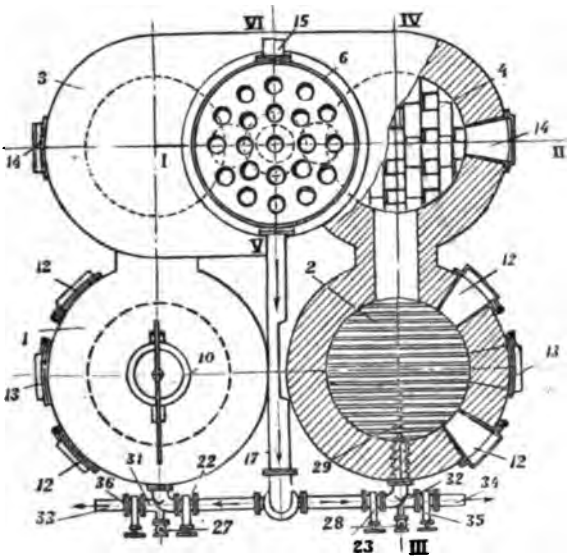


Fig. 38. — Gazogène Kramers et Aarts (Vue en plan).

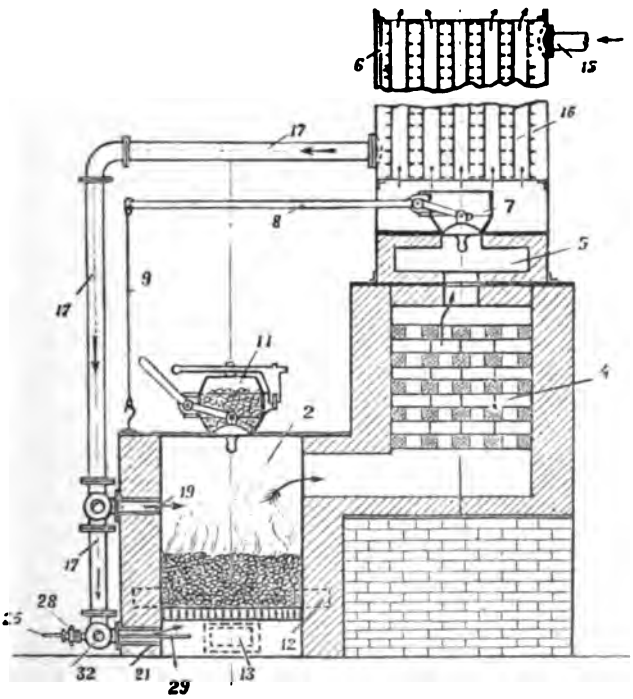


Fig. 39. — Gazogène Kramers et Aarts (Coupe en profondeur).

Quand cette vanne est ouverte, ce qui se fait au moyen d'un levier 8 et d'un triangle 9, sous l'action d'un volant qui n'est pas représenté dans la figure et qui règle toute l'action, les gaz qui sortent des surchauffeurs, traversent, comme l'indiquent les flèches verticales, un récupérateur en briques et en fer, qui, en 6, est figuré en coupe.

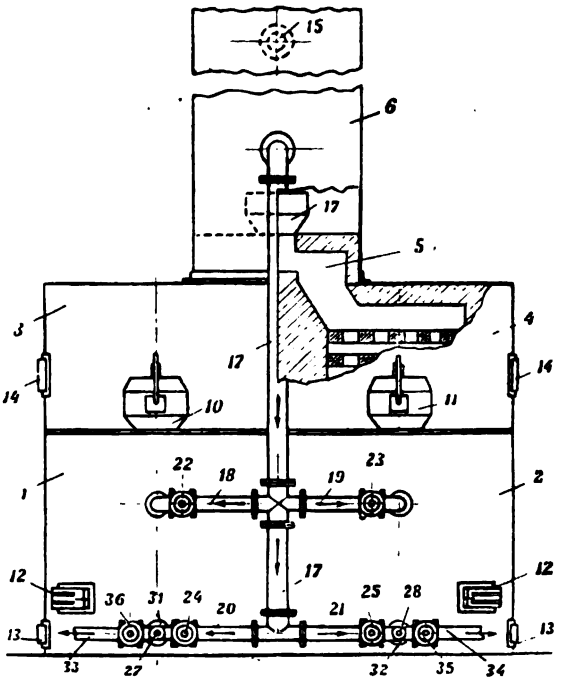


Fig. 40. — Gazogène Kramers et Aarts (Vue de face).

On voit encore comment l'air pénètre au gazogène.

Il est amené par la conduite 15, traverse les conduites en serpentin 16 du récupérateur, en sort par la conduite 17, qui l'amène au devant des gazogènes.

Sur cette conduite verticale, est disposé un très intéressant robinet à quatre voies, commandé par un levier, et qui, dans sa position médiane, peut permettre à l'air d'aboutir à la fois, aux quatre tubulures 18, 19, 20 et 21.

On voit facilement, par la figure 39 et par la figure 40, que, dans ces conditions, l'air primaire vient au-dessous de la grille, traverse le charbon en faisant du gaz Siemens, qui rencontre l'air secondaire amené par la tubulure supérieure. Les gaz brûlent, chauffent le gazogène, et les fumées vont chauffer les parois du surchauffeur, et s'échappent par la vanne 7, qui doit être ouverte dans cette période et réchauffent le récupérateur.

Les deux gazogènes ont ainsi marché parallèlement pendant cette période, et les parois, ainsi que les empilages en brique, ont accumulé une grande réserve de chaleur.

A la période suivante, le robinet à quatre voies est fermé, par un déplacement latéral du levier de manœuvre, qui interdit ainsi l'entrée de l'air, et, en même temps, la vanne 7 est fermée.

Le même mouvement du levier ouvre un tiroir, qui peut mettre en communication l'arrivée de la vapeur, avec l'une des tubulures qui donnent accès à la vapeur d'eau, au bas du gazogène.

On voit une tubulure semblable, en 26 et 29, sur la figure 39.

Suivant le sens du déplacement du levier, la vapeur aboutit ainsi au-dessous de l'un des gazogènes, et le même mouvement du levier ouvre en même temps, l'une des deux conduites 33 et 34, de façon que le gaz à l'eau sorte, au bas du gazogène, différent de celui auquel la vapeur est envoyée.

La manœuvre est analogue à celle des gazogènes précédents.

On réchauffe d'abord les deux cuves en insufflant l'air, ce qui se fait d'autant mieux que l'air pénètre déjà à une température assez élevée, grâce au récupérateur.

Puis on charge le combustible frais; dans l'une des cuves, l'on fait pénétrer dessous la vapeur d'eau.

Le mélange gazeux traverse les deux surchauffeurs et s'y transforme.

Dans cette opération, et surtout quand il y a excès de vapeur d'eau, et que la température tend à baisser, il se forme une proportion assez élevée d'acide carbonique, et l'un des avantages du passage des gaz, en marche renversée, au travers du com-

bustible rouge de la deuxième cuve, est précisément de transformer cet acide carbonique en oxyde de carbone.

Bien entendu, après un nouveau réchauffage, c'est dans l'autre cuve que l'on mettra le combustible frais, et le levier de manœuvre se prête très facilement à changer le sens d'ouverture des soupapes.

Ce gazogène semble très intéressant; il se distingue du précédent par cet emploi des chambres de surchauffage entre les deux cuves.

Ce sont des dispositions analogues que nous trouverons, plus loin, dans le si remarquable gazogène à deux cuves de M. Thwaite, gazogène à gaz pauvre, que je décrirai chapitre XI.

CHAPITRE VIII

LES GAZOGÈNES SIEMENS

Les gazogènes les plus répandus sont les gazogènes à gaz pauvre, où la combustion est faite en présence d'une quantité insuffisante de comburant, de façon que les gaz produits par la combustion soient incomplètement oxydés et soient, par conséquent, combustibles.

Dans un foyer ordinaire, on a observé que, lorsque la couche de combustible n'était pas très mince, de façon qu'un excédent d'air ne pût la traverser, la combustion ne pouvait pas être parfaite, et qu'il convenait d'envoyer, au-dessus de la grille, une nouvelle quantité d'air pour brûler les gaz combustibles qui s'en échappaient.

Lorsque l'on a trouvé intérêt à allonger la flamme, à ce que la combustion se fasse, ou mieux se termine, le plus loin possible du foyer, ce qui présentait, dans les fours, de très grands avantages, il n'y eut qu'à donner à la couche de combustible une épaisseur plus grande et à ne faire parvenir le second envoi d'air, appelé air secondaire, qu'à l'endroit même où l'on désirait obtenir les plus hautes températures.

C'est cette disposition qui a constitué le gazogène Siemens dont, en somme, tous les gazogènes à gaz pauvre dérivent.

Du combustible en couche épaisse brûlant avec une quantité d'air, air primaire, insuffisante pour la combustion complète, distille à sa partie supérieure, brûle près des grilles et

forme une masse dont la température va en croissant de haut en bas pour décroître à nouveau aux environs de la grille où l'air primaire est soufflé généralement froid.

Les gaz de la combustion traversent la masse de charbon, s'y refroidissent en communiquant leur chaleur au charbon, mais sortent néanmoins à une température élevée.

Plus cette température est élevée, mieux il convient quand ces gaz combustibles doivent être brûlés à proximité du gazogène, quand celui-ci fait, en quelque sorte, corps avec le four considéré.

Quoique 12 grammes de charbon pur mettent en liberté $26^{cal},1$, en se transformant en oxyde de carbone, et ne puissent plus fournir que $68^{cal},2$ pour se transformer d'oxyde de carbone en acide carbonique, il n'est pas exact, à mon avis, de dire que le rendement maximum d'un gazogène Siemens est de :

$$\frac{68,2}{94,3} = 0,724.$$

car les 27 0/0 d'énergie, mis en liberté dans l'opération, peuvent être employés utilement dans leur totalité.

On peut, en effet, chercher à construire un gazogène suffisamment protégé pour que les pertes aux parois soient presque nulles, et la chaleur ainsi fournie devra se retrouver tout entière, soit à l'état potentiel dans des transformations chimiques telles que la distillation des produits volatils, la transformation chimique, ou la dissociation de ceux-ci et surtout dans l'élévation de température des gaz combustibles, et contribuer à fournir la haute température cherchée dans le four où les gaz sont conduits.

Mais, d'une part, en pratique, on constate que les pertes aux parois sont très importantes, que les gaz combustibles, même dans un trajet très court, diminuent rapidement de température.

En outre, beaucoup d'emplois des gazogènes réclament l'usage de gaz froids, et ce serait faire un cercle vicieux que de croire que l'on pourrait utilement, en théorie au moins,

récupérer la chaleur des gaz sortant d'un gazogène Siemens, tel que le gazogène se faisait au début, c'est-à-dire alimenté d'air sec.

On ne pourrait, en effet, employer cette chaleur qu'à réchauffer l'air primaire. Elle retournerait ainsi au gazogène et les gaz brûlés sortiraient deux fois plus chauds.

Il est, d'ailleurs, facile de comprendre que la transformation du carbone en oxyde de carbone fournit de la chaleur, et qu'aucune autre réaction ne se produit qui puisse utiliser la chaleur fournie.

Le grand inconvénient du gazogène Siemens est donc de fournir des gaz très chauds.

Il pourrait y avoir des exceptions, car, si l'échauffement du combustible avant la combustion nécessitait une grande consommation de chaleur, les gaz pourraient sortir froids. Cela peut se produire notamment avec un combustible très chargé d'eau, mais il n'en serait pas moins vrai néanmoins que, dans les gaz sortants, sous forme de chaleur latente de vaporisation ou sous toute autre forme, on retrouverait l'équivalent de la combustion partielle qui s'est effectuée dans la cuve.

Si donc le gazogène Siemens doit être considéré comme pouvant donner un rendement égal à l'unité, il est, en pratique, d'un emploi fort onéreux, sauf quand il fait partie intégrante d'un four.

C'est pour obtenir une meilleure utilisation des 27 0/0 de la chaleur de combustion du carbone que l'emploi de la vapeur d'eau mélangée à l'air primaire s'est développé, et c'est ainsi que le gazogène Dowson a obtenu un si considérable succès.

Déjà, dans les gazogènes Siemens ou type Siemens, il convenait de protéger les grilles en envoyant de l'eau dans le cendrier, de façon à refroidir celui-ci. La vaporisation de l'eau, par le rayonnement et par le contact des scories qui tombaient dans le cendrier, mélangeait à l'air introduit de la vapeur qui traversait ainsi le foyer.

On a constaté que cette vapeur, jointe à l'air et passant sur les charbons rouges, produisait une des deux réactions endothermiques déjà citées.

$$C + H^2O = CO + H^2$$
$$C + 2H^2O = CO + 2H^2.$$

Pour 12 grammes de carbone, la première nécessite $43^{cal},9$, et la seconde $43^{cal},7$; c'est-à-dire que les deux réactions pour des quantités d'eau, simples ou doubles, donnent un résultat identique.

Si donc l'on pouvait augmenter artificiellement la quantité de vapeur jointe à l'air et lui donner une proportion convenable, on devrait pouvoir récupérer toute la quantité de chaleur mise en liberté et les gaz sortiraient froids, composés d'oxyde de carbone, d'acide carbonique et d'hydrogène.

Il ne peut pas en être exactement ainsi, parce que, pour que ces transformations chimiques se produisent, il faut que le combustible soit à très haute température, ce qui nécessite une perte aux parois et qu'il n'est pas possible que le gaz sorte de la zone de combustion autrement qu'à la température même où les réactions se sont produites. Aussi la proportion de vapeur d'eau utilisée ne paraît pas pouvoir être aussi grande que semble l'indiquer la comparaison des quantités de chaleur mises en jeu par les réactions.

Il faut donc admettre que les gaz ne peuvent pas sortir à basse température, ou, du moins, avec une réserve analogue à celle que j'ai faite pour le gazogène Siemens, doivent emporter une certaine quantité de chaleur.

Mais, ce qui différencie le gazogène Dowson du gazogène Siemens, c'est que la chaleur emportée par les gaz combustibles peut être plus facilement récupérée si l'on désire livrer du gaz froid, alors que j'ai montré que c'était impossible dans le gazogène Siemens originel.

C'est qu'en effet, dans le gazogène à gaz mixte, ainsi appelé parce qu'il constitue en quelque sorte un mélange de gaz Siemens et de gaz à l'eau, la seule condition nécessaire est d'avoir dans la cuve du gazogène une température suffisamment élevée pour que les réactions puissent s'y produire, et que si l'on fait pénétrer l'air pri-

maire à une température beaucoup plus élevée, la quantité de vapeur d'eau qui pourra être transformée en gaz combustible sera plus considérable, et en ce cas les gaz sortiront à une température semblable, de telle sorte que la quantité de chaleur apportée par l'air chaud sera entièrement utilisée.

Il ne faut pas oublier cette différence essentielle entre le gazogène Siemens et le gazogène Dowson. Quand nous étudierons sommairement, ainsi que cet ouvrage le comporte, l'emploi des échangeurs, nous verrons que le récupérateur ou le régénérateur peut être employé utilement au réchauffement de l'air primaire dans un gazogène alimenté de vapeur d'eau, tandis que, pour un gazogène à gaz d'air, il ne doit servir qu'au réchauffement de l'air secondaire.

Le gazogène Siemens, représenté en coupe (*fig.* 41) et en élévation (*fig.* 42), se compose essentiellement d'une chambre en maçonnerie, bien protégée contre les pertes de chaleur, où le combustible, versé par une trémie étanche A, s'étend sur une paroi inclinée D, dont l'inclinaison est, en moyenne de 45° et qui se termine, à sa partie inférieure, par une grille C, dont les barreaux sont horizontaux, ainsi qu'il est représenté dans la figure, ou suivent la ligne de plus grande pente.

Le combustible maintenu, d'autre part, entre trois parois verticales, s'étend sur une couche d'une épaisseur légèrement croissante de haut en bas, parce que l'inclinaison de la paroi B est, en général, plus grande que la pente naturelle de chute du combustible.

Il brûle au contact de l'air qui entre sous la grille, et les cendres et les scories s'accumulent au-dessous de la grille, directement sur le sol de la fosse dans laquelle le gazogène est installé, ou bien sont maintenues sur une grille horizontale.

Le gaz résultant de cette combustion incomplète, à cause de la grande épaisseur de la couche de combustible, est entraîné par la cheminée H et les conduites J, le plus souvent grâce à l'appel d'une cheminée, quelquefois par celui d'un exhausteur.

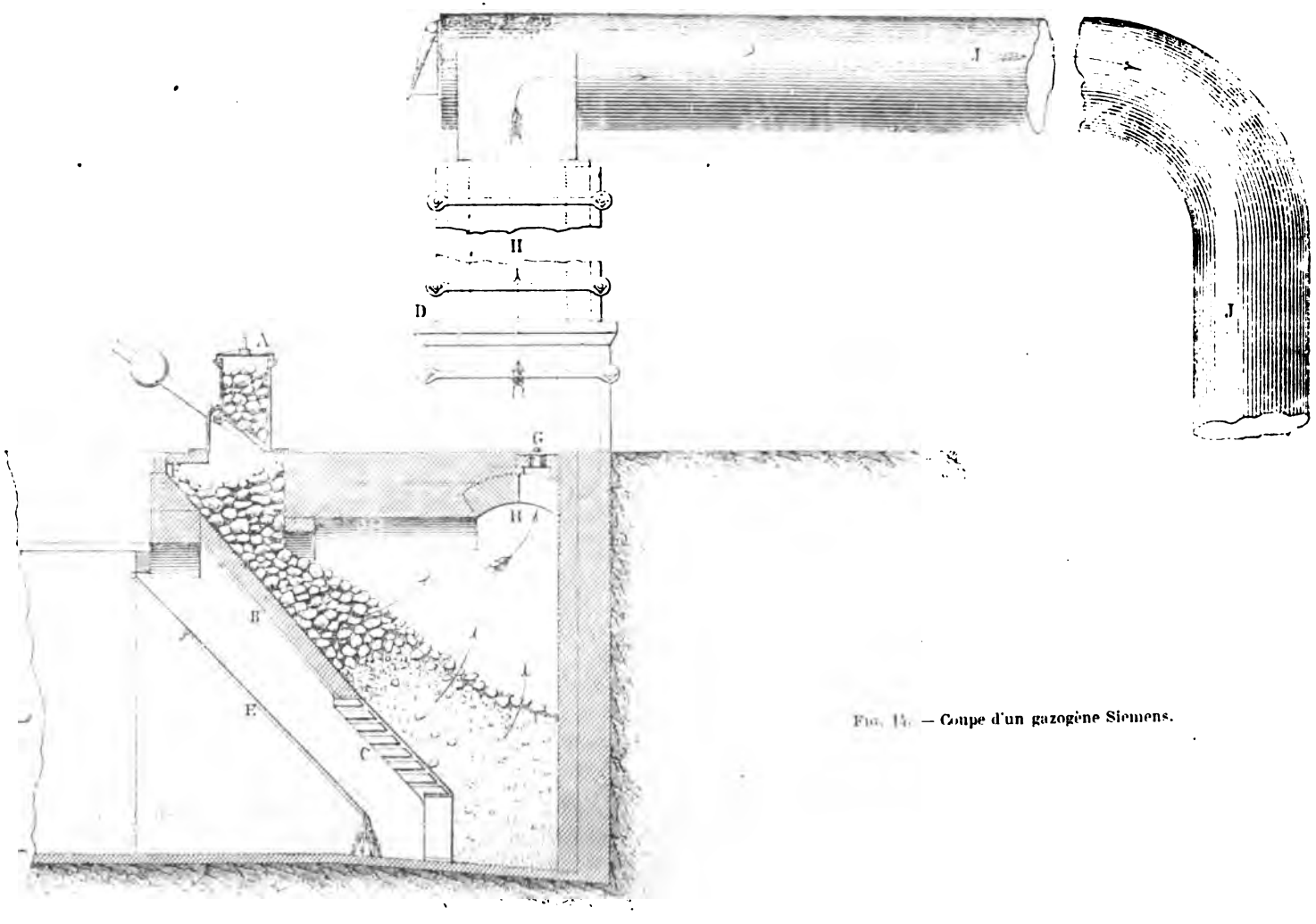


Fig. 14. — Coupe d'un gazogène Siemens.

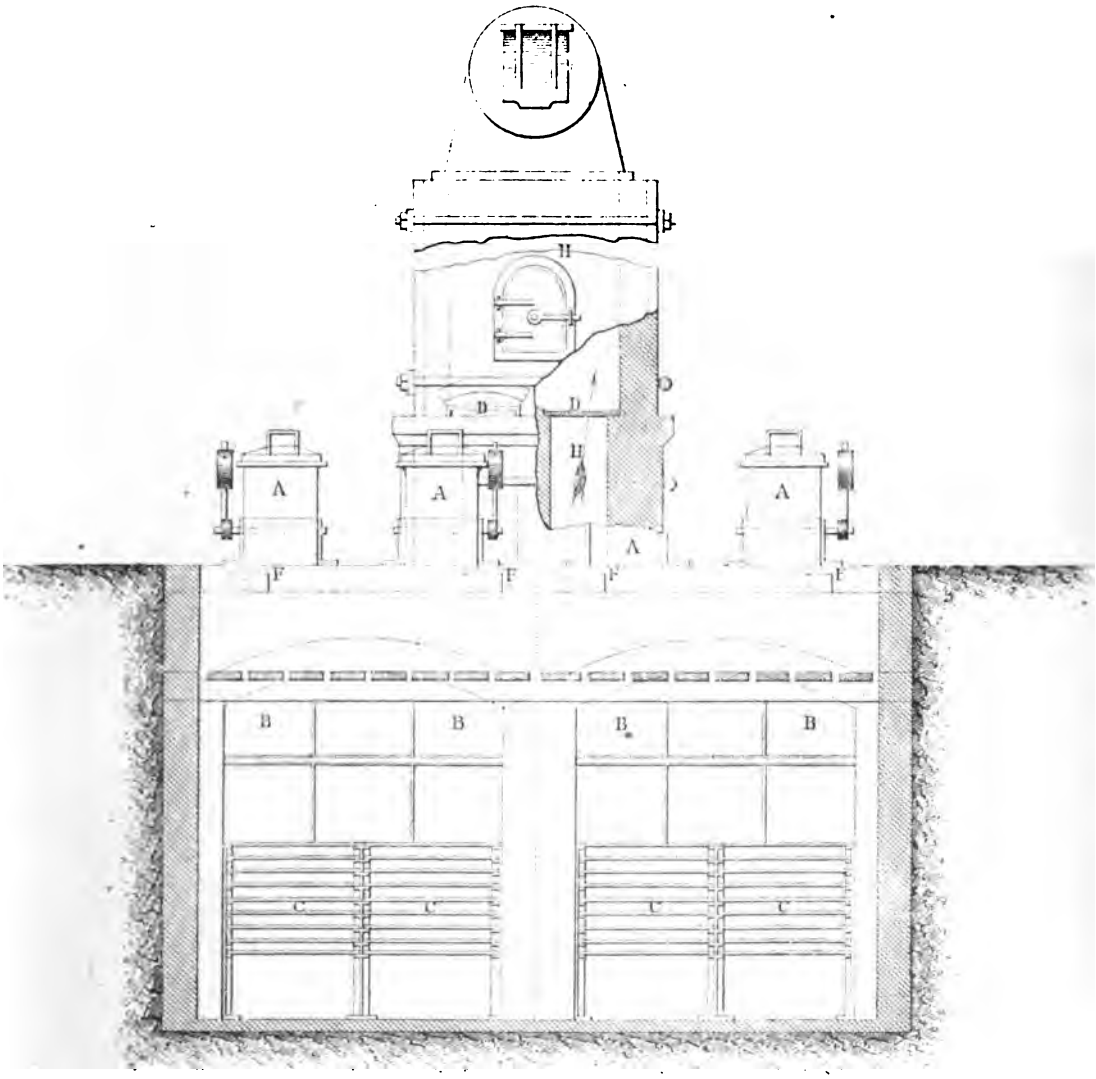


Fig. 42. — Gazogène Siemens (Vue de face).

On voit encore, dans cet appareil, des orifices G disposés pour le piquage du combustible.

Généralement ces gazogènes sont réunis au moins deux par deux, comme le montre la figure 44, et les grilles sont soutenues en leur milieu, de façon à ce que les barreaux n'aient pas une trop grande longueur et ne se tordent pas sous l'influence de la chaleur.

Pour éviter que la température ne soit trop élevée autour de la grille, et surtout que celle-ci ne vienne à brûler, on envoie un jet d'eau par une conduite E sur le sol de la fosse, auprès des grilles.

Comme ce sol est très fortement chauffé par le rayonnement du combustible, l'eau se vaporise, est entraînée avec l'air au travers de la grille, produit les effets que j'ai signalés ci-dessus et protège la grille.

On voit encore, dans ce gazogène, des ouvertures F qui sont au-dessus du combustible, et permettent d'introduire des ringards pour empêcher le combustible d'adhérer à la maçonnerie. Au contact de celle-ci, les laitiers qui se forment aux hautes températures de la combustion se soudent souvent avec les briques et forment des barrages.

Souvent ces ouvertures sont à côté des trémies et sont fermées par des boulets qu'il suffit de déplacer pour pousser le combustible avec des barres de fer et détacher les scories.

Quand il s'agit de décrasser un gazogène Siemens, c'est-à-dire d'évacuer les mâchefers qui se sont généralement accumulés au-dessous des premiers barreaux de grille et qui peuvent former des morceaux assez considérables parce qu'ils se sont souvent soudés entre eux, il devient nécessaire de pratiquer, dans la grille, des ouvertures très larges.

Cela ne peut se faire d'une façon simple qu'en enlevant une partie, sinon la totalité, des barreaux.

On procède de la façon suivante :

On enfonce dans le combustible des barres de fer plates que l'on appuie sur les premiers barreaux, ceux qui sont en haut de la grille.

On met un nombre suffisant de ces barres pour constituer ainsi une sorte de grille provisoire, pénétrant dans le combustible à 90° de la surface sur laquelle il s'étend.

On enlève alors rapidement les barreaux inférieurs, et l'on attire, avec des crochets ou des pinces, les mâchefers sur le sol de la fosse.

On projette de l'eau sur ces mâchefers dans le double but de les éteindre et de rendre l'atmosphère de la fosse supportable pour les ouvriers qui font ce pénible travail.

On replace les barreaux que l'on a retirés, puis l'on retire la grille provisoire, barre par barre, et le charbon s'étend à nouveau suivant sa position normale.

Il faut que cette opération soit faite très rapidement parce que les barreaux de la grille provisoire s'échauffent assez vite, se tordent et, au bout d'une dizaine de minutes, ne sont plus guère en état de supporter le poids du combustible.

C'est d'autant plus frappant que lorsqu'on retire ces barres plates, qui sont généralement prolongées par une tige de fer rond fort longue et munie d'une poignée, elles sont excessivement courbées et suffisamment ramollies par la haute température, qu'il suffit de les étendre à plat sur le sol pour qu'elles reprennent leur forme rigide, par le seul effet de la pesanteur.

Il est certain que le gazogène Siemens est un appareil très simple, beaucoup plus simple que tous les gazogènes qui en dérivent, et, s'il est certain que les gazogènes que je vais décrire dans les chapitres suivants sont beaucoup plus perfectionnés, il est évident néanmoins que le gazogène Siemens présente deux sortes d'avantages, que les gazogènes verticaux ne peuvent donner.

Ils tiennent tous deux à la forme inclinée de la paroi qui supporte le combustible.

Quand du combustible est placé dans une cuve, si la paroi est verticale, il est facile de comprendre que, quelle que soit la forme des morceaux du combustible, il y aura toujours plus

de vide entre la paroi et le combustible qu'entre les morceaux du combustible lui-même.

Aussi dit-on que les gaz tendent à suivre les parois et je montrerai, dans les chapitres suivants, que l'on a cherché constamment à employer des procédés pour empêcher les gaz de circuler de préférence le long des parois, et pour obliger l'air à traverser le combustible.

C'est ainsi que l'idée qui semble la plus judicieuse dans les gazogènes à cuve verticale, est de faire pénétrer l'air par une tuyère au centre même du combustible et de ramasser les gaz, par une conduite pénétrant aussi au centre du combustible.

Si, au contraire, le combustible, dans sa progression, s'appuie sur une surface inclinée, il est de toute évidence que les parties les plus fines du charbon tendront à se séparer des plus grosses et à se poser le plus près possible de la paroi.

Elles empêcheront le passage des gaz, et un inconvénient semblable à celui que j'ai signalé plus haut ne se rencontrera pas dans un gazogène Siemens.

D'autre part, la forme même de ce gazogène et de sa grille inférieure tend à faire traverser le combustible par l'air, normalement à la paroi.

Il n'y a donc pas non plus à craindre pour cette raison que les gaz ou l'air suivent les parois; c'est-à-dire que la combustion ou la réduction ne se fassent pas.

A côté de cet avantage qui est considérable, et qui fera souvent peut-être préférer les gazogènes à parois inclinées aux gazogènes à cuve verticale comme les gazogènes Dowson, les gazogènes Siemens présentent un autre avantage très considérable.

L'air, comme je viens de le faire remarquer, traverse le combustible au bas de la cuve, normalement à la paroi le long de laquelle il descend.

Le charbon s'est ainsi progressivement échauffé.

Il a pu distiller, gonfler, et, quand il se présente devant la grille, il doit être réduit à l'état de coke.

Si les morceaux se sont soudés, il est facile d'introduire des

ringards, au travers des barreaux de la grille, et de briser ainsi les cokes qui se sont formés.

Aussi, sous réserve d'un gazogène à combustion renversée, semble-t-il que le gazogène Siemens est le seul qui se prête à l'emploi des charbons qui peuvent gonfler et, en effet, dans la pratique, c'est le seul gazogène où l'on emploie des charbons mélangés de charbon gras ou demi-gras.

Il est, par là même, le seul gazogène qui peut se prêter à l'emploi des charbons tout-venants ou des fines.

On peut, en effet, faire descendre sur la sole inclinée du gazogène des mélanges de fines maigres ou de fines grasses ou demi-grasses, de façon que, lorsque le charbon, dans sa descente, atteindra la grille, il se soit formé, par soudage, de véritables morceaux de coke qui ne s'opposent plus au passage de l'air.

Il a été, à ma connaissance, jusqu'ici, impossible de réaliser ce problème avec des gazogènes du type Dowson.

Ces avantages sont tellement considérables, que les gazogènes Siemens, malgré les inventions très nombreuses et les perfectionnements remarquables que l'on peut constater dans les types récents de gazogène à cuve verticale, sont presque uniquement employés, pour le chauffage des fours métallurgiques, de ceux de la céramique et de la verrerie.

Le gazogène Siemens présente, à côté des avantages que je viens de signaler, de graves inconvénients auxquels on a remédié d'une façon très ingénieuse, qu'il convient de signaler.

C'est un gazogène d'assez mauvais rendement.

Cela tient beaucoup au mauvais emploi de la vapeur d'eau que la rusticité de l'appareil ne permet pas d'utiliser aussi bien que dans les gazogènes genre Dowson. Cela tient aussi à la grande perte de chaleur qui a lieu par les parois.

On a remédié en assez grande partie à celle-ci en accolant les gazogènes deux par deux, de façon à ce que la paroi verticale soit commune à deux appareils et que, dans ces condi-

tions, il n'y ait pas de perte par cette face de la cuve.

Cette disposition a amené encore à une autre disposition plus simple qui consiste à supprimer toute séparation entre les deux cuves et à faire un gazogène à deux parois inclinées et opposées.

On remédie, de même, en général, aux pertes latérales, en mettant les gazogènes en batterie, les uns à côté des autres; mais il ne semble pas possible d'empêcher de grandes pertes du côté de la grille, parce qu'il est nécessaire qu'un chauffeur puisse se tenir dans la fosse et que les grilles elles-mêmes ne brûlent pas.

Le gazogène Siemens constitue, en somme, un appareil très simple, beaucoup moins compliqué que les gazogènes que je décrirai au chapitre suivant, et, si ces appareils ne conviennent pas à faire du gaz pour les moteurs à gaz, ni même du gaz qui doive parcourir, sans danger, de longues conduites, on doit, tout de même, se prémunir contre deux graves inconvénients, que l'on rencontre toujours lorsque la combustion se fait en présence d'un courant d'air et surtout quand on a affaire à des gazogènes soufflés, comme il arrive souvent dans les gazogènes Siemens, soit que ceux-ci aient leur combustion activée par un ventilateur forçant le tirage des gaz, soit qu'il y ait un excès de pression fourni par un compresseur en amont de la grille.

L'un de ces deux inconvénients, c'est que le gaz entraîne des poussières du combustible ou des cendres dont le dépôt dans les conduites peut obstruer complètement celles-ci. On remédie à cet inconvénient en faisant sortir les gaz du gazogène par une cheminée verticale, aussi haute que possible, c'est celle qui est représentée en H, dans les figures ci-dessus.

L'autre inconvénient tient à la nature même du gaz, et il semble beaucoup plus difficile d'y remédier.

Le combustible étant très chauffé par rayonnement et par conductibilité avant d'atteindre la zone voisine où l'air le rejoint auprès de la grille, distille, et les produits de la distil-

lation se joignent nécessairement aux gaz produits, dans la partie basse, par la combustion incomplète du coke.

Ces produits de distillation sont, en grande partie, des carbures volatils à la température où ils sont produits, mais qui se condensent dans les conduites dès que la température s'abaisse.

Il y a, là, une grande source de soucis, mais, malheureusement, ce n'est pas la plus grande.

En effet, s'il y a à craindre que des carbures se condensent et forment des goudrons qui encombrent les conduites, il serait assez facile de recueillir ceux-ci et de s'arranger pour que des dépôts liquides ne produisent pas d'obstruction.

On peut les rendre encore plus liquides au moment où l'on veut les évacuer en forçant un peu le tirage et en élevant ainsi la température des gaz.

Malheureusement, dans les hautes températures, il se produit, surtout, un dédoublement des carbures d'hydrogène, qui se décarburent pour se transformer en carbures plus stables, méthane et éthylène, et laissent des dépôts de carbone qui font corps avec les conduites et sont difficiles à éliminer.

Il y a là un inconvénient auquel il est très difficile de remédier d'une façon complète, mais cependant on a pu utiliser précisément cette transformation chimique des carbures de façon à réduire, dans de très considérables proportions, le dépôt des goudrons.

Les deux procédés sont, je crois, dus à M. Lencauchez.

La figure 43 représente un gazogène à barrages, c'est-à-dire un gazogène analogue à celui que je viens de décrire, mais dans lequel, entre le charbon K et la cheminée verticale G, par laquelle s'échappent les gaz, est interposé un mur épais B qui a pour but d'obliger les produits volatils de la distillation à venir traverser la zone comprise entre les grilles C et la cheminée G, c'est-à-dire la zone de la combustion et de la réduction, la zone des hautes températures.

Dans celle-ci, il n'y a aucun inconvénient, au contraire, à ce que les carbures se dédoublent et laissent des dépôts de carbone; ceux-ci se joignent au coke qui sera brûlé et sont donc parfaitement utilisés.

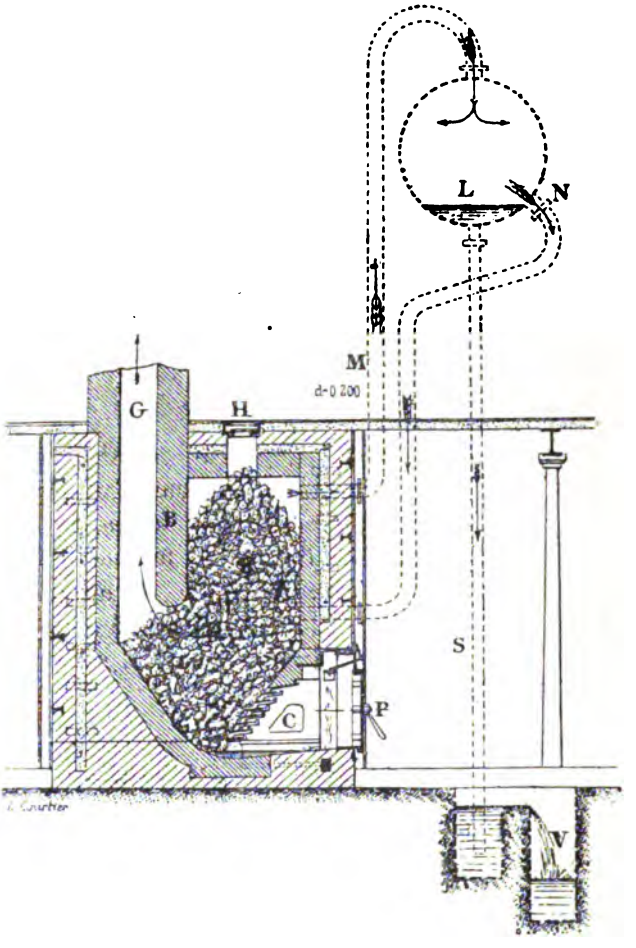


Fig. 43. — Gazogène Lencauchez. Gazogène à barrage installé à la Société des métaux.

Ce gazogène, tel qu'il est représenté, comporte une disposition extrêmement ingénieuse pour l'emploi des combustibles comme certains lignites, qui soient trop chargés d'eau.

On voit, en M, une conduite figurée en pointillé, qui entraîne

les produits volatils dans un condenseur L, où la vapeur d'eau

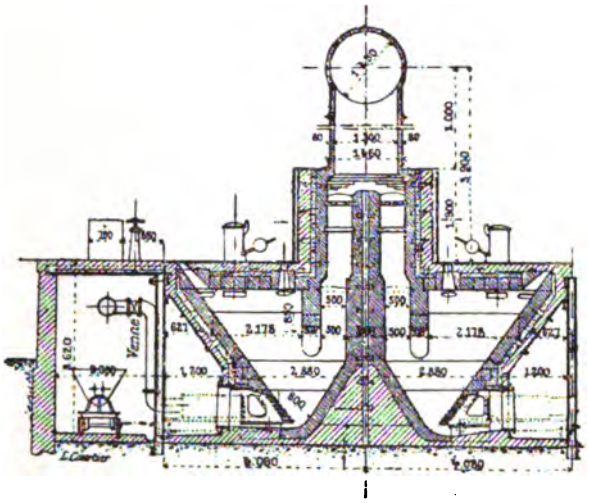


Fig. 44. — Coupe d'un gazogène Lencauchez à deux cuves opposées installé à Hayange.

se dépose dans le fond et s'écoule, par une tubulure S, fermée

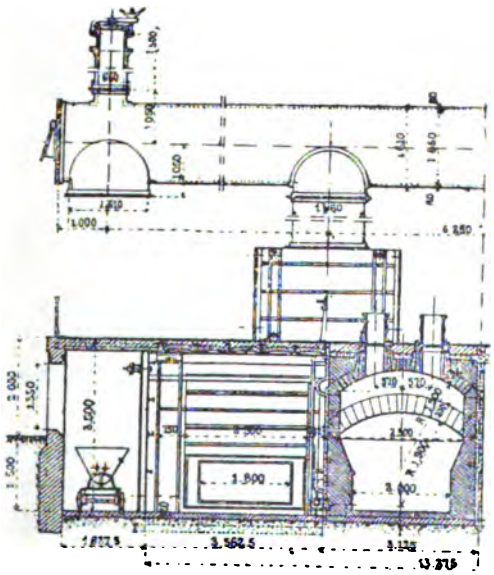


Fig. 45. — Coupe en travers.

à sa partie inférieure par un joint hydraulique, dans un

déversoir à niveau fixe, permettant à l'eau de s'écouler librement dans une rigole V.

Les produits volatils qui ne sont pas condensés, s'en vont par la tubulure N et aboutissent un peu au-dessus de la zone de combustion.

C'est une disposition semblable que nous retrouverons dans le gazogène Genty dont elle constitue l'idée fondamentale.

Cette idée du gazogène à barrage est indiscutablement l'une des plus heureuses que l'on ait imaginé pour perfectionner les gazogènes Siemens.

On remarque encore, dans le gazogène que je viens de signaler, par un acheminement du gazogène Siemens vers le gazogène Dowson, que la partie supérieure de la cuve est à parois verticales.

J'ai emprunté la figure précédente à la très remarquable note qu'a publiée, en 1899, M. Lencauchez sur les gaz combustibles.

Je prends, de même, dans son ouvrage, les deux figures 44 et 45, qui représentent des gazogènes installés à Hayange, qui ressemblent au précédent et sont opposés deux à deux.

On remarquera, dans ce gazogène, comme dans les précédents, qu'il y a une porte indiquée en P dans la figure 43, et qui s'oppose aux pertes aux parois qui proviennent de la grille et qu'une certaine couche d'eau est maintenue dans le fond de la cuve, de façon à ce que la vaporisation s'en fasse régulièrement, que les grilles ne s'échauffent pas trop, malgré la fermeture de la porte, et que le gaz ainsi obtenu soit plus riche, grâce au mélange d'air et de vapeur d'eau.

M. Lencauchez déclare, dans cette note, qu'il n'a pas été nécessaire de nettoyer plus d'une fois par an les conduites de ce gazogène, et qu'on n'y a trouvé, aux arrêts annuels, qu'une légère couche de suie.

Ces gazogènes peuvent employer des houilles flénus.

Indépendamment de cette disposition de barrages, M. Lencau-

chez signale encore une autre disposition très ingénieuse et qui semble aussi devoir donner de très bons résultats, et qui a été employée par lui à Hayange.

Pour éviter que les produits volatils ne s'échappent sans avoir traversé une masse suffisante de coke rouge, M. Lencauchez a imaginé de charger le combustible dans le gazogène par deux séries de trémies, l'une, voisine du plan incliné où se fait la combustion et fournissant les charbons gras ou demi-

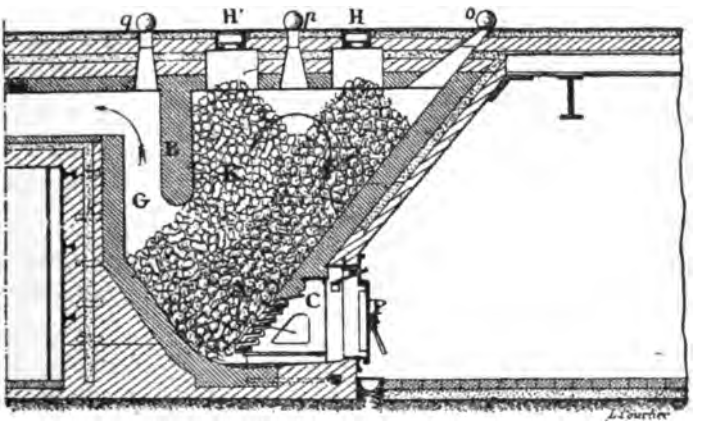


Fig. 46. — Gazogène à houille et coke installé par M. Lencauchez à Hayange.

gras qu'il convient d'employer, l'autre, plus en avant et où l'on charge du coke.

Cette disposition est visible dans la figure 46, empruntée au même ouvrage, et où l'on voit, en H, les trémies servant au chargement de la houille et, en H', celles servant au chargement du coke. Là encore on voit en *o*, *p* et *q* des trous de piquage.

Je pourrais encore citer des gazogènes où M. Lencauchez a prévu trois séries de trémies, de façon à traiter certains combustibles en les enveloppant dans deux couches de combustibles différents.

A part la disposition du barrage, il ne semble pas actuelle-

ment que les gazogènes Siemens aient subi de perfectionnements essentiels.

Il a été pris beaucoup de brevets pour des dispositions accessoires telles que celles se rapportant aux grilles, que l'on a quelquefois disposées en cage d'écureuil, afin de pouvoir plus facilement les nettoyer.

On a perfectionné aussi les appareils servant au chargement du combustible et ceux disposés pour l'enlèvement des scories, mais je ne connais pas de modifications qui aient été faites à la conception même des premiers gazogènes Siemens.

D'ailleurs, les gazogènes Siemens étant uniquement employés à l'alimentation des fours, sont construits en général avec les fours eux-mêmes, et, pour chercher à exposer le détail des différentes dispositions qui ont été adoptées, il faudrait que j'aborde l'examen des fours eux-mêmes, ce qui m'entraînerait tout à fait en dehors de mon sujet.

Je dirai seulement quelques mots d'une grave erreur qui a été faite, un moment, par des ingénieurs cependant de haute valeur.

Je parle des fours Biederman et Harvey.

Ces messieurs, par un raisonnement analogue à celui des inventeurs qui croient au mouvement perpétuel, ont pensé que si l'on pouvait ramener au-dessous du gazogène les gaz brûlés, ils se transformeraient, au contact du coke au rouge, à nouveau, en gaz combustibles, par la réduction en oxyde de carbone et en hydrogène de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau.

Évidemment, comme je le dis à différentes reprises dans cet ouvrage, il peut être du plus haut intérêt d'employer les gaz brûlés plutôt que la vapeur d'eau, pour produire des réactions endothermiques dans un gazogène, mais c'est faire une erreur très lourde que de croire que l'on peut ainsi produire des gaz combustibles, c'est-à-dire de l'énergie sous forme potentielle, sans avoir aussi de combustion par l'air, c'est-à-dire sans réaction exothermique et même sans un excès des réactions exorthermiques sur les réactions endothermiques.

Il est donc certain que l'on peut régénérer une partie des gaz brûlés. Je crois même avoir montré qu'il y avait là un sérieux avantage sur la transformation de la vapeur d'eau, mais l'on peut, tout au plus, régénérer le tiers ou le quart des gaz brûlés.

Avant de terminer ce chapitre, je signalerai encore des dispositions qui ont été prises pour faciliter, dans de certains cas, la distillation des combustibles.

Evidemment, on peut favoriser celle-ci en donnant, à la paroi inclinée du gazogène, une très grande longueur.

Mais il y a là deux inconvénients.

Le premier, c'est qu'avec une disposition semblable, le gazogène serait excessivement encombrant, et que le grand développement des parois amoindrirait beaucoup son rendement.

L'autre inconvénient, c'est que la chaleur du foyer aboutirait difficilement au combustible qui en serait d'abord excessivement éloigné.

Il a été inventé et construit plusieurs gazogènes où des surfaces ont été disposées en chicane, au-dessus du foyer du gazogène, de façon à ce que le combustible soit échauffé d'une façon très active par les chaleurs emportées par les gaz produits et que l'échauffement se fasse ainsi, au-dessus, du foyer.

L'on trouve des descriptions de gazogènes semblables dans presque tous les ouvrages traitant des fours de verrerie et de céramique, et M. Lencauchez, notamment, en signale dans son étude sur les combustibles.

La figure 47 représente un semblable appareil.

On y voit, en *d*, la chambre où se réunissent les gaz qui se sont formés au passage de l'air au travers de la grille inclinée et de la grille horizontale, au-dessous de laquelle est figuré un bac rempli d'eau, et qui est protégée de la perte de chaleur par une porte métallique.

Ces gaz chauffent d'abord, ainsi que le rayonnement du

combustible, une paroi métallique inclinée sur laquelle le combustible est figuré étendu.

On voit ainsi, en *c*, la chambre dans laquelle se réunissent les gaz de distillation qui s'échappent suivant une flèche pour venir se réunir aux gaz Siemens produits en *d*. Enfin, dans la

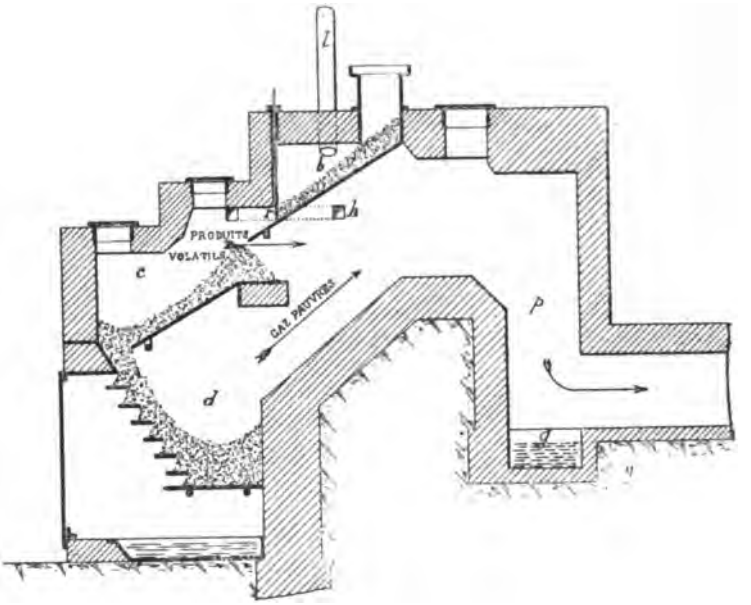


Fig. 47. — Gazogène Siemens à distillation.

chambre *b*, où le combustible est chargé par une trémie, on admet que la température n'est pas suffisante pour que celui-ci brûle, ni distille, mais seulement se sèche.

Aussi réserve-t-on une cheminée verticale *t*, par laquelle la vapeur s'échappe.

Le charbon descend le long d'une paroi métallique, mais, comme la chambre *b* doit être assez étanche, le charbon est arrêté par un registre *r*.

Lorsque l'on estime que le charbon est suffisamment séché et que la température, dans la chambre *b*, est suffisamment

élevée, on lève le registre *r* par une chaîne, et le charbon s'écoule dans la chambre *c*.

On charge alors à nouveau du combustible dans la chambre *b*.

Les gaz s'échappent par le carneau *p*, en se dépouillant en partie de leurs goudrons et des poussières qui sont recueillis dans la fosse *g*.

J'ai signalé cette disposition intéressante pour un combustible humide et qui distille facilement.

Il est évident que l'on peut faire, ainsi, toute une série de modifications au gazogène Siemens, lorsqu'on pense que les combustibles que l'on aura à employer nécessitent des dispositions spéciales.

CHAPITRE IX

LES GAZOGÈNES DOWSON

Le gazogène Dowson, ou gazogène de gaz à l'air et de gaz à l'eau, ou encore gazogène à gaz mixte, se différencie donc, essentiellement, par la nécessité d'une chaudière fournissant de la vapeur qui se mélange à l'air primaire.

La plupart des gazogènes, dérivés directement des brevets Dowson, comportent une petite chaudière indépendante du gazogène. Un injecteur mélange à la fois la vapeur et l'air et produit l'entraînement nécessaire de l'air et de la vapeur dans le gazogène.

On utilise généralement, pour chauffer ces chaudières, les menus que le combustible fournit et que l'on retire, au lieu de les mettre dans le gazogène pour éviter l'encombrement qui pourrait se produire au passage des gaz.

Cependant beaucoup d'inventeurs et de constructeurs ont cherché à supprimer cette chaudière.

Elle a, en effet, l'inconvénient de compliquer l'appareil, de demander une surveillance spéciale.

Elle présente cependant un grand avantage, c'est que le chauffeur, maître, indépendamment de la marche du gazogène, de la fabrication de la vapeur, peut, par l'injecteur, et sous réserve de ce que je dirai chapitre XIII, régler à son gré la pression de l'air introduit et la proportion de la vapeur, qui y est mélangée, ce qui lui permet de faire varier l'allure du

gazogène, puisque, en augmentant la quantité d'air introduit, il peut augmenter la quantité de gaz produits et le débit de l'appareil et qu'en faisant varier la proportion de la vapeur, il peut augmenter, ou diminuer, la quantité de chaleur produite dans le gazogène et remédier ainsi à un échauffement anormal où au contraire raviver la combustion.

Le procédé employé, pour remplacer la chaudière indépendante, par la plupart des inventeurs et que nous verrons appliqué aux gazogènes Duplex, Taylor, Fichet et Heurtey, Rex, Genty, etc., consiste à utiliser les chaleurs entraînées par le gaz, à la sortie du gazogène, soit en mettant une chaudière annulaire autour de la trémie, en haut du gazogène, soit en mettant cette chaudière, en tubes pendentifs, dans la conduite de sortie des gaz à l'entrée de l'échangeur, comme dans l'appareil Fichet et Heurtey, soit en faisant une petite chaudière extérieure à tubes de fumée traversés par les gaz, comme dans le gazogène Taylor.

Dans d'autres appareils, on injecte simplement de l'eau, dans l'air porté à haute température; mais cela implique nécessairement que cet air est lui-même déjà préalablement échauffé suffisamment pour volatiliser l'eau nécessaire et en surchauffer la vapeur et que l'air est soufflé dans le gazogène par un autre procédé que par un injecteur.

En particulier, dans le gazogène Gardie, l'eau est pulvérisée dans la conduite d'amenée de l'air et, dans le gazogène Letombe, l'eau est versée dans le serpentin, où l'air se chauffe dans la paroi même du gazogène pour aboutir au-dessous de la grille.

Je connais peu de gazogènes, où la chaudière soit chauffée au gaz, ce qui est cependant un procédé assez simple, peu coûteux et d'une surveillance facile. Je signalerai cependant une chaudière à gaz, système Lencauchez.

Quand la vapeur d'eau est produite par la chaleur des gaz qui sortent du gazogène, la vaporisation tend à être d'autant plus active que les gaz sortent à une température plus élevée.

Il en résulte une sorte d'autorégulation de la quantité de vapeur fournie, si la vapeur se rend directement sous la grille

et qu'il n'y a pas d'injecteur. Il semble, en effet, que c'est par la température de sortie des gaz, si l'on pouvait constamment la mesurer, que l'on saurait, si l'on doit, oui ou non, augmenter la quantité de vapeurs envoyée.

Un autre problème des plus délicats consiste à savoir par quel procédé l'entraînement de l'air doit être fait dans le gazogène.

Il y a différents moyens adoptés.

Lorsqu'il y a une chaudière indépendante, ou lorsque l'on installe un gazogène dans une usine où il existe déjà une chaudière et où l'on peut avoir de la vapeur sous pression, sans avoir d'organes nouveaux à créer, l'injecteur présente des avantages tout particuliers. Je viens de montrer comment il permettait de régler le débit d'air et le débit d'eau. C'est un appareil fort simple, qui ne nécessite aucune force motrice.

On a préféré, dans beaucoup de cas, se servir d'un exhausteur ou d'une pompe de compression. Il est évident qu'une semblable machine ajoute une complication à l'installation, puisqu'elle nécessite une transmission de force et qu'il serait particulièrement fâcheux que l'on soit obligé d'employer ce procédé, s'il n'y avait pas de transmission à proximité dans l'usine et d'être obligé d'avoir un petit moteur uniquement à cet effet. Elle est tout indiquée là où il y a des transports de force électrique.

Dans certains gazogènes, où l'on ne vaporise pas d'eau, ou bien, où le combustible est déjà très humide, l'emploi de l'exhausteur est absolument nécessaire. Il en serait de même avec des combustibles, où la proportion de vapeur d'eau à introduire devrait être très faible, ou encore lorsque les appareils d'épuration, le gazomètre et les conduites de distribution nécessitent une perte de charge telle qu'un injecteur, qui ne peut guère donner plus de 20 centimètres de pression pour le mélange air et vapeur, deviendrait insuffisant.

Il semble que l'exhausteur, ou le compresseur, suivant la pression que l'on veut obtenir, donnent à l'installation une

beaucoup plus grande élasticité de marche et que, quand leur installation n'est pas très onéreuse, notamment quand il y a une transmission électrique dans l'usine, leur adoption semble devoir être préférée.

Pour la mise en marche et le réchauffage d'un gazogène, qui est resté en combustion lente pendant une longue période d'arrêt, on comprend qu'il convient d'envoyer de l'air le moins possible chargé de vapeur d'eau, ce que l'on fait difficilement quand l'air est entraîné par un injecteur.

On a cherché récemment à simplifier encore les gazogènes en les faisant fonctionner par l'aspiration des moteurs à gaz.

On comprend que, pour obtenir un assez vif courant d'air dans un gazogène, surtout s'il est chargé d'anthracite criblé, et qu'il ne comporte que le minimum d'appareils d'épuration, il faut une très faible dépression, qui peut être produite sans inconvénient par l'aspiration d'un moteur à gaz. Celle-ci est évidemment irrégulière et se produit par périodes ; mais les conduites aboutissant du gazogène au moteur, font, en quelque sorte, volant, et le mouvement d'air, au travers de la cuve, est assez régulier.

D'ailleurs, pourvu que l'amplitude des appels d'air ne dépasse pas une certaine limite, cette irrégularité ne peut pas être préjudiciable. Cela dépend toutefois beaucoup de la marche du moteur. Si les allumages ne se font pas bien, il y a des ratés qui donnent de fâcheux refoulements.

Le gazogène Taylor fonctionne de cette manière. M. Lencauchez avait exposé, en 1900, un gazogène construit suivant les mêmes idées. D'autres constructeurs annoncent pouvoir faire fonctionner leurs appareils par aspiration.

Ce procédé présente l'avantage de ne pas nécessiter de gazomètre et même interdit l'usage d'un gazomètre. Il présenterait, en effet, un grave inconvénient.

Dans toutes les installations d'appareils fabriquant, épurant, emmagasinant, ou transportant les gaz, il y a toujours lieu de

s'inquiéter des mélanges tonnants qui pourraient se former, s'il survenait une rentrée d'air dans le gaz.

Ces rentrées d'air sont évidemment beaucoup plus à craindre là où la pression est inférieure à la pression atmosphérique que là où elle est supérieure, et, par conséquent, dans les gazogènes fonctionnant par aspiration, plutôt que dans ceux où le gaz est à une pression légèrement surélevée.

C'est pourquoi il faut surveiller, tout particulièrement, les gazogènes fonctionnant sans ventilateur et sans injecteur, et il faudrait éviter, dans leur installation, un appareil, comme un gazomètre, où la moindre fuite pourrait permettre à l'air de venir se mélanger au gaz qui y est contenu.

Les gazogènes, où l'air est entraîné par l'aspiration d'un ventilateur placé en aval du gazogène, présentent néanmoins de grands avantages, et un procédé se présente, qui permet d'éviter les plus graves de ces ennuis.

C'est de placer le ventilateur entre le gazogène et le gazomètre. Il peut, en ce cas, aspirer dans le gazogène et comprimer dans le gazomètre.

Dans tous les gazogènes, même ceux où l'air est soufflé, il est à craindre que des mélanges explosifs soient produits.

Indépendamment des défauts de construction qui pourraient permettre ainsi l'introduction de l'air dans une partie habituellement close d'une installation de gazogène, il faut examiner ce qui peut pénètrer par les trois orifices du gazogène.

Par le foyer, il ne semble pas que l'air puisse aboutir en excès au gazogène, alors qu'il est en fonctionnement, puisque cet air devrait traverser, en tout cas, une couche épaisse de combustible et se transformer en gaz combustible.

Cependant faut-il encore être prudent, car il pourrait, avec du charbon collant ou du charbon en trop gros morceaux, ou encore quand la cuve est trop petite, se produire, dans la masse incandescente, une cheminée, c'est-à-dire une sorte de trou autour duquel le charbon est agglutiné et qui laisserait passer l'air peu ou point brûlé. C'est pourquoi il ne faut pas

avoir peur de mettre une couche plutôt trop élevée de combustible et que l'on doit encourager la recherche de tous les procédés qui permettent de surveiller le foyer et d'y secouer le combustible de temps à autre.

A cet effet, dans presque tous les gazogènes, une ouverture est ménagée en haut de la cuve pour pouvoir introduire un ringard dans le foyer.

On doit craindre encore, surtout avec l'emploi des injecteurs, qu'une trop grande quantité de vapeur d'eau ne vienne éteindre le feu et, en ce cas, il continuerait à passer de l'air au travers du combustible. Il viendrait former un mélange détonnant dans le gazomètre et dans les appareils d'épuration.

Il peut aussi s'introduire de l'air par la trémie pendant le chargement du combustible. Il s'en introduit même toujours avec le combustible. Pour en réduire la proportion, la trémie doit être fermée par un tampon, dès que le charbon y est déversé et, dès que la porte supérieure est fermée, le cône de distribution est abaissé.

De même, dans un gazogène soufflé, du gaz peut venir former un mélange détonnant dans la trémie.

En ce cas, il est facile de provoquer l'explosion, dès que le chargement est terminé, en introduisant une torche dans la trémie. Il y a ainsi une petite partie de gaz brûlé et on évite des accidents qui pourraient être graves.

Cependant, dans les gazogènes fonctionnant par aspiration, il faut faire tout particulièrement attention à l'étanchéité de la porte de chargement, si la combustion se fait de bas en haut.

En troisième lieu, lorsque le gaz arrive dans un moteur, il est aspiré dans le cylindre en même temps qu'une quantité plus considérable d'air, et il peut se faire soit par explosion anticipée, soit par un défaut de la soupape d'admission, que le mélange tonnant soit refoulé dans les conduites d'acces du gaz, auquel cas une explosion est à craindre.

Pour y remédier, une fermeture automatique est utile entre le moteur et la conduite de gaz, s'opposant au retour en arrière du gaz aspiré.

Enfin il faut, dans une installation de gazogène, surveiller tous les joints, faire de préférence des fermetures hydrauliques, et, en ce cas, assurer l'alimentation automatique de l'eau nécessaire.

Dans un gazogène spécial, le gazogène Gardie, la compression atteint un degré élevé et nécessite une installation toute particulière, comme je le montrerai en parlant de cet appareil.

Un gazogène, à gaz pauvre, ne se compose donc pas uniquement d'une cuve, comme dans certains gazogènes de fours.

J'ai déjà montré la nécessité d'une chaudière, d'un appareil pour le soufflage ou l'aspiration de l'air ; il faut encore prévoir d'autres accessoires.

J'examinerai ceux-ci et les discuterai dans les chapitres XIII et XIV ; ils se composent d'organes nécessaires, comme les épurateurs, les refroidisseurs, qui permettent au gaz d'avoir les qualités qui lui conviennent pour son emploi.

Ils sont plus ou moins compliqués et parfaits, suivant que le combustible se prête moins à l'emploi, ou que l'installation est plus soignée.

D'autres appareils, comme les réchauffeurs d'air, améliorent le fonctionnement et le rendement du moteur.

Le gazomètre est un appareil de réserve.

Enfin la tuyauterie et les by-pass constituent des accessoires dont la bonne disposition joue un très grand rôle et demande à être particulièrement surveillée.

C'est pourquoi, dans les appareils que je vais décrire, je crois utile de montrer, à différentes reprises, les dessins d'installations complètes.

GAZOGÈNE DOWSON

Le premier gazogène Dowson dont je trouve la description, est extrêmement intéressant, parce que l'on voit déjà, en germe, tous les perfectionnements qui seront apportés à la suite.

Je l'emprunte à l'ouvrage de M. Gustave Richard (1885).

Il se compose essentiellement d'une cuve G (*fig.* 48) qui est rétrécie, à sa partie inférieure, de façon à ce que le courant d'air soit plus vif, là où se fait la combustion.

Au-dessous de cette cuve, est le cendrier *g*, qui est fermé, à sa partie supérieure, par une grille horizontale, et dans lequel la vapeur arrive, d'une chaudière *c*, en entraînant l'air nécessaire, par l'injecteur *i*.

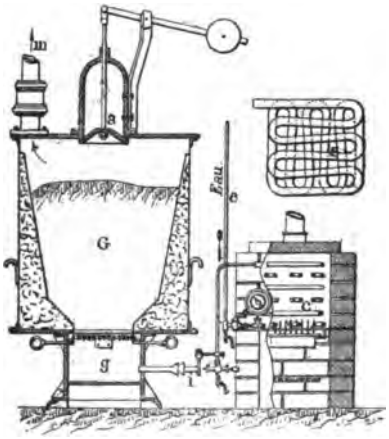


Fig. 48. — Coupe de l'ancien gazogène Dowson.

On voit, sur la même figure, la trémie courbée qui introduit le combustible, en s'infléchissant du côté par où on doit la charger, et qui est fermée, à sa base, par un cône *a* muni d'un contrepoids.

En *m*, est le départ des gaz.

On voit, dessiné à part, le serpentin *s* de la chaudière, où l'eau pénètre par la tubulure *e*.

Dans la figure suivante (*fig.* 49), on a représenté le gazomètre, qui est au-dessus d'une cuve remplie de coke et faisant fonction de scrubber.

Toutes ces dispositions ont été perfectionnées, par la suite, et il a semblé plus sage de spécialiser chaque détail.

C'est ainsi que, dans le même ouvrage, on représente,

Fig. 50 et Fig. 51. — Installation faite à cette époque à la maison Crossley. On a vu trois gazogènes [illegible] alimentés par une [illegible] et dont les gaz passent dans trois scrubber L

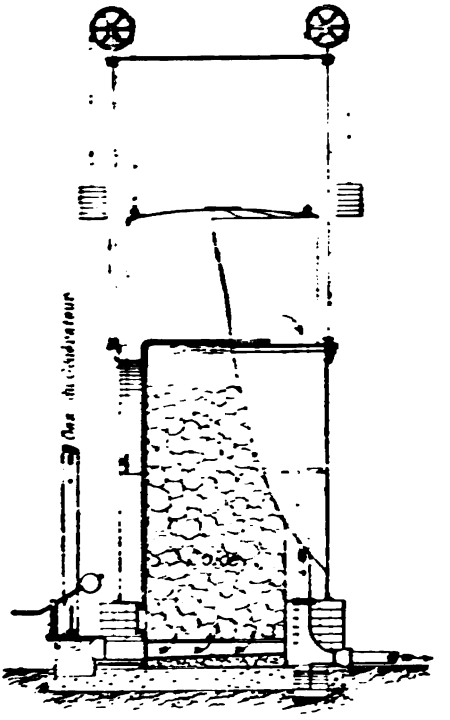


Fig. 49. — Épurateur Dowson.

et ensuite aboutissent à une conduite unique, les entraînant au gazomètre.

Cet appareil Dowson est employé aujourd'hui, sans modifications essentielles, par beaucoup de maisons, par la Gasmotoren Fabrik de Deutz et ses filiales, notamment la Société de Constructions mécaniques de Moteurs à gaz de Paris, par la maison Crossley, par la Société de Constructions de Locomotives et de Machines de Winterthur, etc...

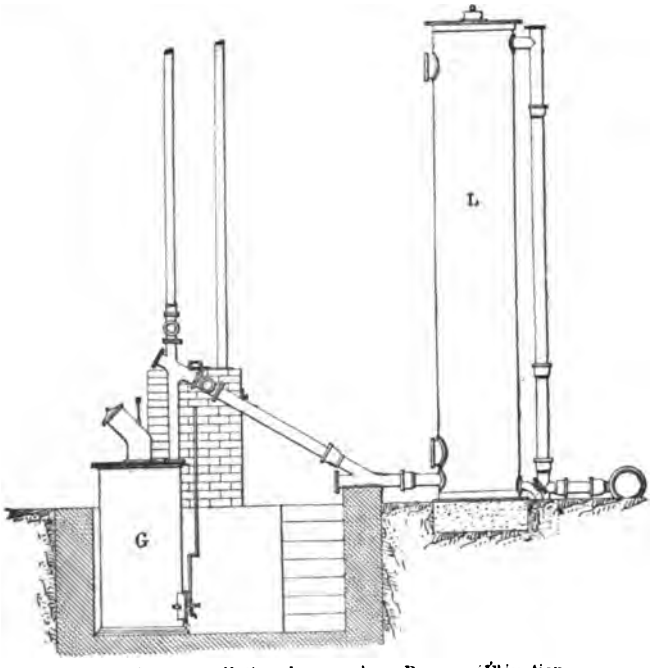


Fig. 50. — Installation de gazogènes Dowson (Élévation).

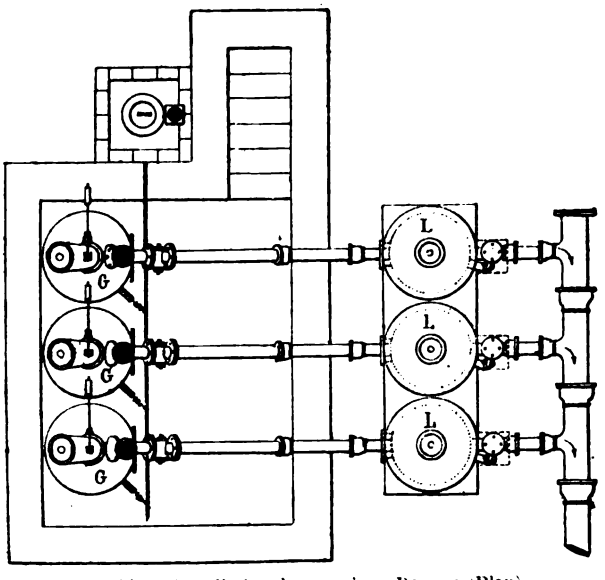


Fig. 51. — Installation de gazogènes Dowson (Plan).

(*fig.* 50 et *fig.* 51) une installation faite, à cette époque, à la maison Crossley, où l'on voit trois gazogènes G, alimentés par une seule chaudière, et dont les gaz passent dans trois scrubber L

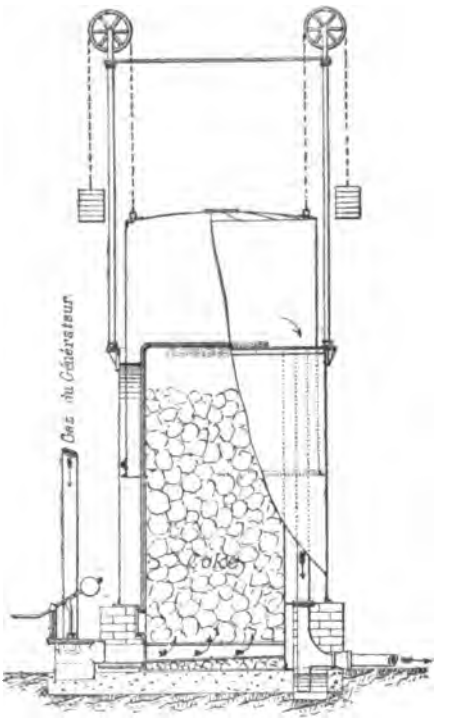


Fig. 49. — Épurateur Dowson.

et ensuite aboutissent à une conduite unique, les entraînant au gazomètre.

Cet appareil Dowson est employé aujourd'hui, sans modifications essentielles, par beaucoup de maisons, par la Gasmotoren Fabrik de Deutz et ses filiales, notamment la Société de Constructions mécaniques de Moteurs à gaz de Paris, par la maison Crossley, par la Société de Constructions de Locomotives et de Machines de Winterthur, etc...

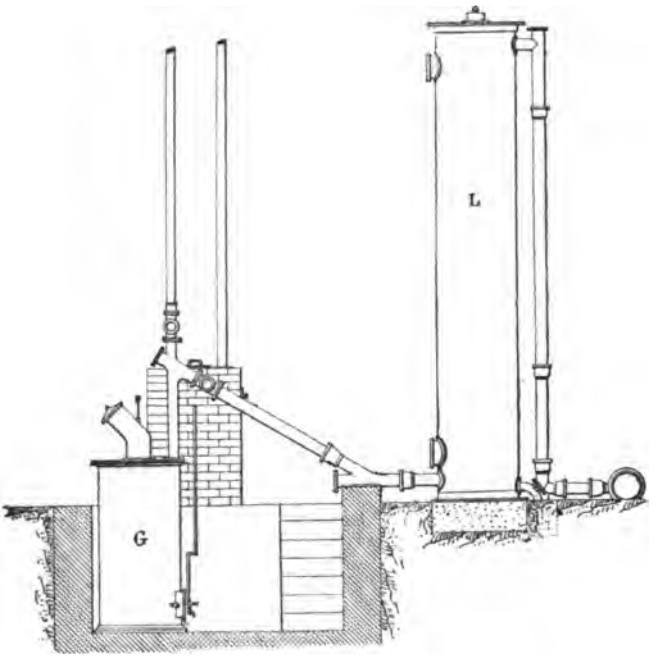


Fig. 50. — Installation de gazogènes Dowson (Élévation).

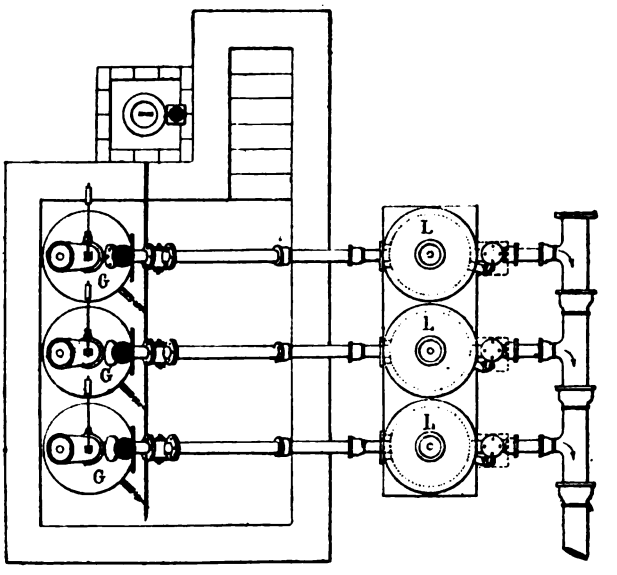


Fig. 51. — Installation de gazogènes Dowson (Plan).

La figure 52 montre la disposition qui est généralement employée par ces maisons.

L'appareil se compose d'une chaudière à grille, où l'eau est chauffée dans l'enveloppe de la chaudière, se surchauffe dans un serpentin et aboutit à un injecteur, réglé par un pointeau, de façon à venir au-dessous de la grille et pénétrer en même temps au travers du combustible, dans un certain espace vide, qui reste entre la grille et les produits réfractaires.

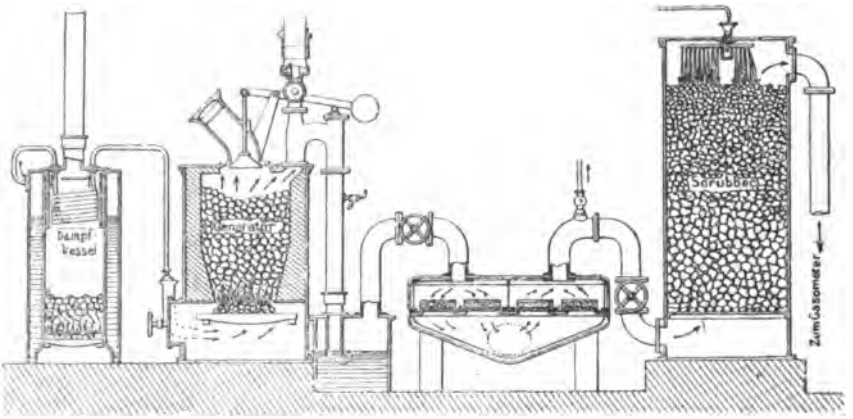


Fig. 52. — Gazogène Dowson de la Gasmotoren Fabrik de Deutz (Coupe de gazogène).

La cuve est formée d'une enveloppe en tôle ou en fonte, percée, à la partie inférieure, d'une ou deux portes, pour le décrassage de la grille.

Sur un support en fonte, repose la maçonnerie réfractaire, généralement rétrécie à sa partie inférieure, comme la cuve d'un haut-fourneau, mais qui tend cependant à se faire de plus en plus cylindrique.

Entre cette partie réfractaire et l'enveloppe extérieure, on laisse un certain jeu pour la dilatation et l'on remplit l'espace vide, avec des cendres qui sont très isolantes.

La trémie est fermée par le cône que j'ai signalé et aussi par un tampon extérieur.

Le gaz, en quittant le gazogène, ne passe généralement pas dans un récupérateur. Il est conduit, d'abord, dans un tuyau

vertical en fonte, qui vient pénétrer de quelques centimètres dans l'eau d'un bassin étanche et rempli jusqu'à demi-hauteur.

C'est un joint hydraulique, qui a le double but de retenir les poussières combustibles entraînées et d'empêcher tout retour du gaz dans le gazogène.

On comprend, en effet, que l'air et le gaz étant sous pression de quelques centimètres dans le gazogène, si, pour une raison quelconque, cette pression venait à cesser, l'eau, dans laquelle plonge le tuyau vertical, monterait immédiatement et s'opposerait au passage du gaz d'une façon absolue.

C'est généralement sur cette première conduite verticale qu'est placé un robinet permettant, par son ouverture, de donner accès à une cheminée, qui permet de faire fonctionner le gazogène simplement comme un poêle et sans vapeur d'eau, quand l'on ne désire pas utiliser le gaz et que l'on se contente de maintenir la combustion dans le gazogène.

Sur cette conduite, est encore indiquée, dans le dessin, une prise de gaz, par un petit tuyau et un robinet, qui permettent de constater, par l'aspect de la flamme, la quantité du gaz et s'il convient de modifier les proportions de vapeur et d'air, ou bien encore, lorsque l'on abandonne l'allure lente et que l'on fait fonctionner à nouveau l'injecteur pour produire du gaz combustible, si celui-ci a bien atteint la qualité convenable et si l'on peut fermer le robinet conduisant à la cheminée, de façon à utiliser le gaz.

En sortant du joint hydraulique, le gaz est conduit à un filtre que l'on voit très nettement dans la figure.

Ce filtre se compose essentiellement d'une cuve dont les cloisons horizontales sont percées de grandes ouvertures rectangulaires, sur lesquelles sont placés des tiroirs, en tôle ajourée, ou bien en toile métallique, et qui sont remplies de corps à l'état divisé, en formant ainsi des filtres.

Le tout est enveloppé dans une caisse en tôle ou en fonte, et généralement, comme le représente la figure, le filtrage se fait d'abord, de haut en bas, pour se continuer, dans l'autre moitié

de l'appareil, de bas en haut, grâce à une cloison verticale médiane.

Des portes latérales permettent de retirer les tiroirs et de changer la matière qu'ils contiennent.

Enfin, en général, dans ces appareils d'épuration, il y a plusieurs tiroirs superposés, alors que la figure ci-joint représente quatre tiroirs sur le même plan.

On met dans ceux-ci soit du grésillon de coke, soit de la paille, ou des fibres de bois, soit de la mousse, soit de la sciure, soit quelquefois des compositions spéciales à base d'oxyde de fer.

Celles-ci sont destinées à retenir les sulfures d'hydrogène, dont la présence, dans le gaz, peut être très préjudiciable.

Bien entendu, l'importance de ces appareils d'épuration et le choix des matières qui y sont introduites dépendent beaucoup de la qualité du combustible employé.

Lorsque l'on utilise des cokes et que l'on ne craint pas les sulfures, il suffira quelquefois de filtrer le gaz sur des déchets de coke, où il abandonne ses poussières.

Au contraire, avec certains gaz, on préfère des filtres très serrés, et même quelquefois on superpose différents produits, comme, par exemple, du coke d'abord, des fibres de bois ensuite, et des mélanges chimiques au-dessus de la colonne.

En sortant de cet épurateur, le gaz est amené au bas d'une grande colonne, remplie, en général, de gros coke et que l'on appelle scrubber. Celle-ci, bien visible en coupe dans la figure, est caractérisée par un vif courant d'eau, qui tombe, en pluie, du haut jusqu'au bas de la colonne et s'étale sur le coke.

Cet appareil a le double but de contribuer à l'épuration et de refroidir le gaz.

Souvent on remplace le coke par des boules de verre ou des débris de briques. Quelquefois même on ne met rien du tout, et on se contente ainsi de faire passer les gaz de bas en haut en sens contraire du courant d'eau qui les lave et les refroidit.

Ces appareils auxiliaires, dont je parlerai dans un chapitre spécial, ont un intérêt tel qu'il est préférable, le plus souvent, d'employer un gazogène très sommaire, comme le gazogène Dowson, mais de bien combiner et bien disposer les appareils d'épuration, plutôt que d'employer des gazogènes plus perfectionnés.

Un des exemples remarquables d'une très heureuse installation est celui des eaux de Bâle, dont je montrerai les dessins dans le chapitre XV.

J'y décrirai de même l'installation très intéressante de Embrach, où l'on verra un gazogène absolument semblable construit par la Sociétés des Locomotives de Winterthur.

Il semble encore aujourd'hui que, lorsque l'on a à employer du coke, ce gazogène, dans sa simplicité, est préférable à tout autre. Même pour l'emploi des anthracites et des charbons maigres, il suffit de donner un peu plus d'importance aux appareils d'épuration, qui, avec du bon coke, peuvent être très sommaires.

GAZOGÈNE PIERSON

MM. Pierson, qui représentaient en France le gazogène Dowson, construisent aujourd'hui le gazogène Pierson.

La figure 53 en donne une coupe. L'air et la vapeur d'eau sont amenés, par une tubulure horizontale entourant la conduite de départ des gaz, formant ainsi un récupérateur sommaire. De là ils pénètrent dans la chambre extérieure BB, où ils s'échauffent, à 180° environ, au contact des parois, par la chaleur perdue par le foyer.

MM. Pierson pensent que c'est une économie de chaleur perdue et que le matelas d'air protège le gazogène. Il conviendrait peut-être mieux d'utiliser seulement les chaleurs perdues des gaz sortant du générateur et de protéger mieux les parois du gazogène. En pratique, les échanges de chaleur de

gaz à gaz sont difficiles ; mais, paraît-il, l'appareil marche fort bien ainsi.

La chambre B est limitée par une paroi A, enveloppe démontable par panneaux, avec soufflet de dilatation en haut et regards.

L'air et la vapeur traversent la grille E que l'on peut dé-

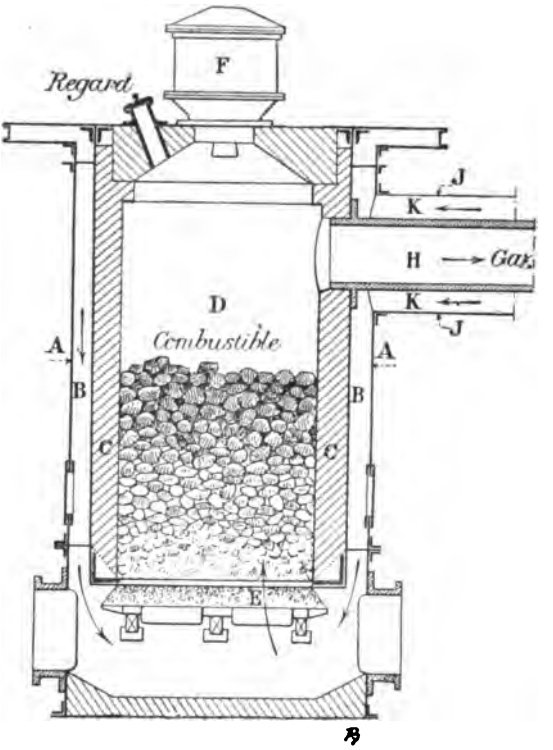


Fig. 53. — Coupe de gazogène Pierson.

crasser par les portes G, G, et pénètrent dans le combustible. Le charbon est introduit par la trémie F, à clapet et à couvercle, dans le foyer formé par la chemise réfractaire C, et où un ringard peut être introduit pour briser les voûtes qui pourraient se former. La combustion atteint des températures très élevées près de la grille ; mais, comme dans tous les gazogènes,

les gaz se refroidissent en se carburant dans la partie supérieure du charbon et sortent seulement à 450° environ.

En somme, le gazogène Pierson est un Dowson sans modifi-

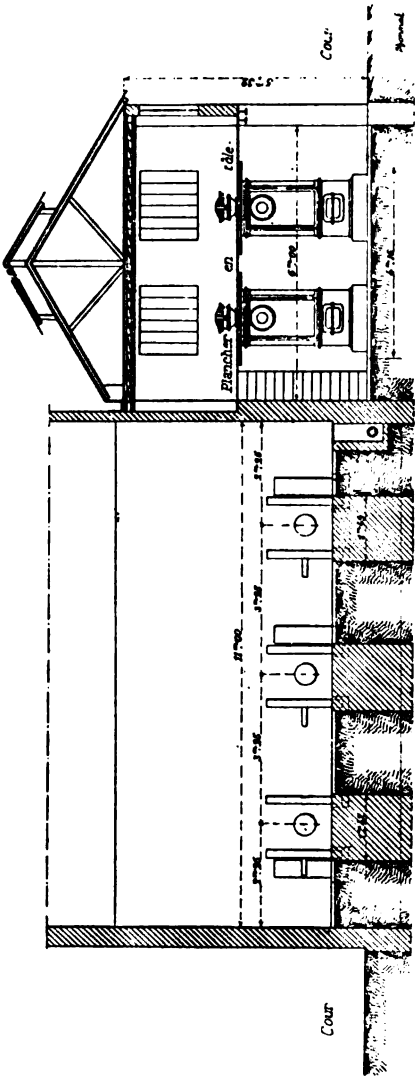


FIG. 54. — Installation de Gazogènes Pierson (Coupe suivant GH).

cations essentielles, sauf, paraît-il, des transformations récentes qui le rapprocheraient du type Crossley, que je décrirai plus loin. Mais je ne possède, à cet égard, aucun document.

Ce qui semble surtout avoir été étudié par MM. Pierson, et qui mérite une description, c'est la disposition d'ensemble.

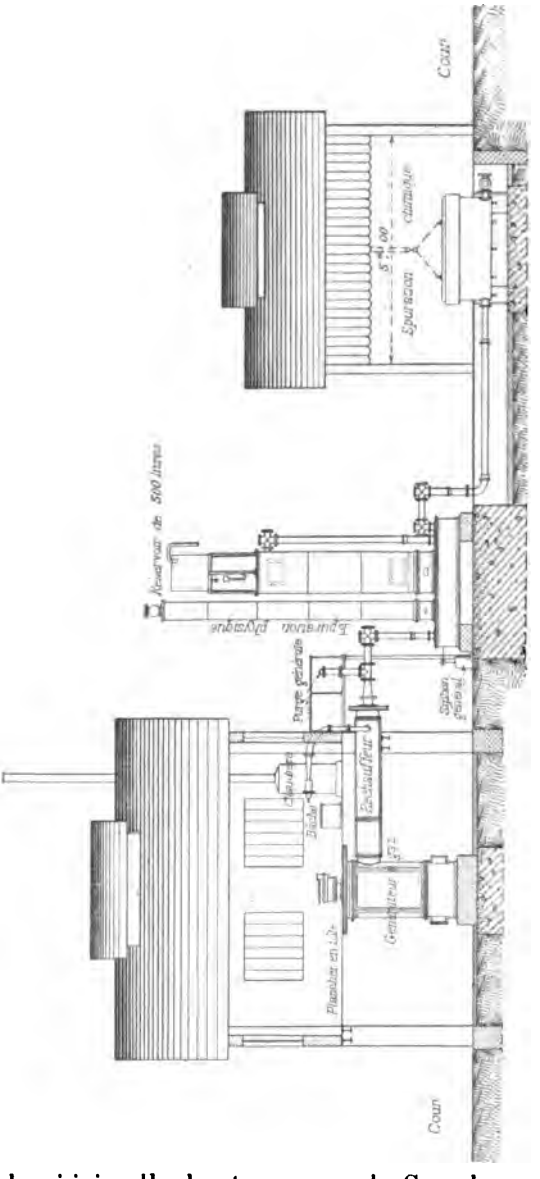


Fig. 55. — Installation de gazogènes Pierson (Coupe suivant AB).

Je signalerai ici celle des tramways de Cassel.

Deux gazogènes semblables sont visibles côte à côte sur la

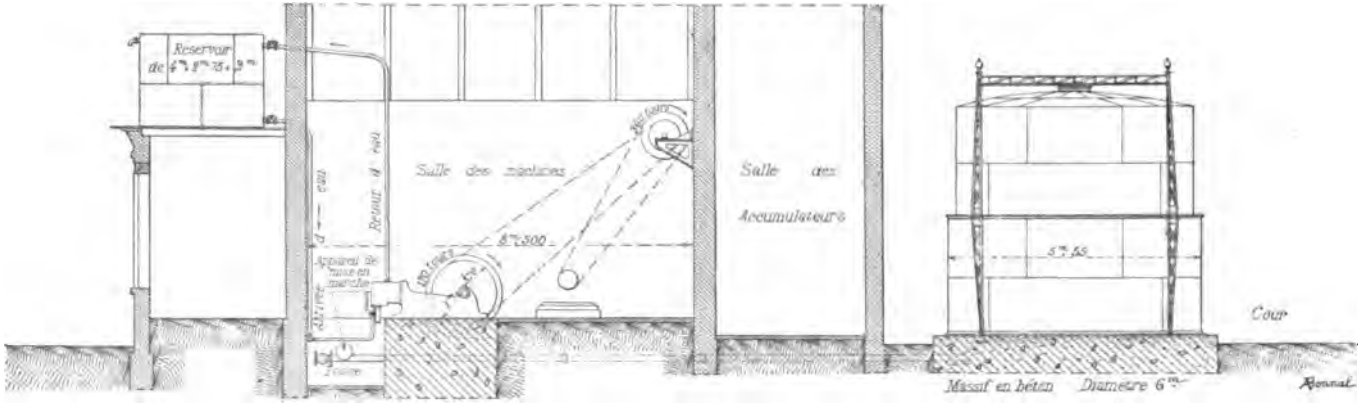


FIG 56. — Installation de gazogènes Pierson (Coupe uivant CDEF).

figure 54. Cette figure, ainsi que les figures 55 et 56, montrent les épurateurs physiques, scrubbers à coke avec filet d'eau, assez larges de section pour que les gaz circulent au maximum à la vitesse de 1^{m},50, et ensuite les épurateurs chimiques, filtres destinés surtout à retenir l'hydrogène sulfuré dont l'effet est si pernicieux sur les moteurs. Les gaz vont enfin à la cloche où ils s'accumulent.

Évidemment ce luxe d'épurateurs rend l'installation plus onéreuse et plus encombrante ; mais il donne toute sécurité pour la bonne marche du moteur en supprimant tout danger d'encrassement du cylindre et des soupapes. En outre, et ceci est capital, il permet l'emploi des houilles maigres des divers bassins houillers et n'astreint pas l'usage à l'emploi des anthracites anglais, dont le prix élevé compense en partie l'économie de l'appareil.

MM. Pierson estiment la dépense par cheval-heure à 650 grammes. La figure 55 montre encore la grande longueur des réchauffeurs, la disposition des chaudières, celle d'un plancher supérieur où sont logées ces chaudières et qui permet la charge facile des gazogènes; enfin l'installation de trois moteurs de 26 chevaux chacun.

Ces gazogènes fonctionnent plusieurs mois sans arrêt. Un jeu de manomètres tient d'ailleurs au courant du moindre encombrement qui pourrait se produire dans la circulation et la multiplicité des machines (trois moteurs et deux gazogènes pour 75 chevaux) permettrait, en cas d'accident, surtout, grâce à l'importance du gazomètre, de remédier sans causer aucun embarras et aucun arrêt de marche.

A noter, comme document pour le débat ouvert sur la préférence à accorder aux puissants moteurs monocylindriques, cette installation où, pour 75 chevaux, l'on emploie trois moteurs de 25 et deux gazogènes.

Des essais sur un gazogène Pierson ont, paraît-il, montré une constance remarquable dans le pouvoir calorimétrique du gaz pauvre. Le chiffre moyen obtenu était de 1.310 calories, chiffre indiqué au calorimètre Junkers.

Ce gaz était obtenu au moyen du charbon maigre « Braisette La Grange », d'Anzin, qui contenait 8 à 10 0/0 de cendres à 10 0/0 de matières volatiles. Les écarts, à plusieurs heures d'intervalles, n'atteignent pas 15 calories.

GAZOGÈNE TANGYE

Le gazogène Tangye est aussi du type Dowson.

Il emploie du coke ou des anthracites; quelques détails le

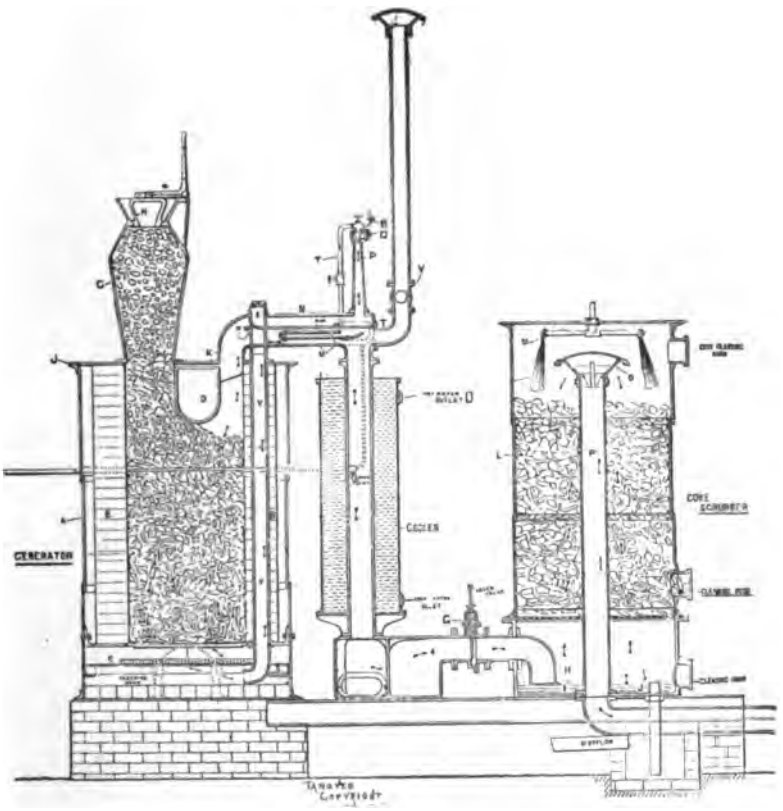


Fig. 57. — Installation d'un gazogène Tangye (Coupe verticale).

différencient cependant des appareils le plus généralement employés.

La figure 57 montre une coupe en long, et la figure 58 l'ensemble d'une installation.

On remarque, dans la figure 57, que le charbon est chargé au préalable dans une longue trémie figurée en C, dans laquelle il s'échauffe graduellement avant de descendre dans le gazogène, ce qui produit, dans celui-ci, une alimentation régulière et permet de ne pas avoir, à la trémie, une double fermeture, par en haut et par en bas. La trémie n'est en effet fer-

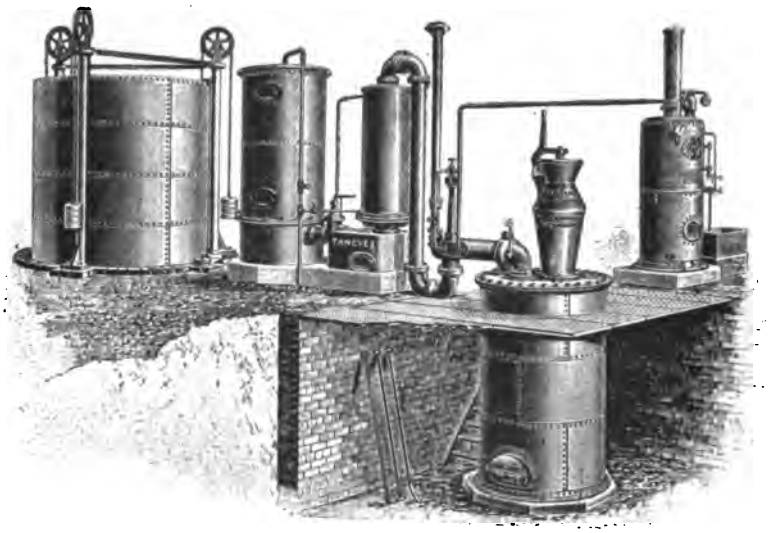


Fig. 58. — Gazogène Tangye (Vue d'ensemble d'une installation).

mée que par un tampon H, qui est manœuvré à la main avec un levier vertical bien visible sur les figures.

Cette disposition est très particulière ; elle est beaucoup plus avantageuse que celle où le charbon est jeté en quelque sorte par la trémie sur le combustible qui s'étale au-dessous d'elle en laissant un vide et, avec les hautes températures que le coke conserve jusqu'en haut du gazogène, il est difficile de mettre, dans les appareils devant fonctionner au coke, des cônes assurant le contact du combustible versé dans la trémie et de la couche supérieure dans le gazogène.

Pour éviter que le combustible ne refoule dans le canal de

sortie des gaz, on a installé, dans le gazogène Tangye, un barrage déflecteur D, qui maintient le combustible.

Ce qui caractérise encore cet appareil, c'est que l'air et la vapeur se réchauffent, d'abord, dans la conduite M, de sortie des gaz, et ensuite comme dans le précédent gazogène, dans la paroi même où est ménagée une tuyauterie V.

Cela conduit à une ingénieuse disposition de l'injecteur P, qui se trouve, ainsi, placé au haut du gazogène, et, comme celui-ci est toujours installé dans une fosse, l'injecteur est au-dessus du sol de l'usine à la portée de la main.

Dans le gazogène Tangye, on n'a pas cherché à récupérer la chaleur entraînée, par les gaz combustibles. On s'est contenté de refroidir ceux-ci en les faisant traverser un Cooler, bien visible, sur la figure 50.

On voit encore, dans celle-ci, l'arrivée de la vapeur venant de la chaudière, qui est représentée dans la figure 58, et aboutissant à une tubulure repliée U, où elle se surchauffe d'abord pour aboutir, par la tubulure T, à l'injecteur. Puis, air et vapeur suivent le mouvement des flèches, par le conduit N et la tuyauterie horizontale V, pour aboutir au-dessous des grilles.

Les gaz combustibles, après avoir traversé le cooler, où ils réchauffent de l'eau qui sera ensuite envoyée au scrubber, traversent une boîte inférieure et de larges conduits, où les goudrons et l'eau de condensation peuvent se déposer et être facilement retirés. C'est dans ces conduits qu'est interposée la vanne, qui peut permettre d'interrompre le mouvement des gaz, notamment quand l'on désirera marcher en allure lente sans injecteur et que l'on ouvrira le robinet Y, qui permet aux gaz brûlés de s'échapper par la cheminée.

Le gazogène Tangye, fréquemment employé en Angleterre, a été appliqué en France, dernièrement, pour l'alimentation de moteurs à gaz destinés à l'usine élévatoire des eaux de Berck-sur-Mer. L'usine est installée depuis 1896, et fonctionne depuis cette époque sans aucun accident. Il y a deux groupes de gazogènes, ayant chacun leur générateur et leur refroidisseur

indépendant et dont les gaz aboutissent dans un épurateur commun avant de se rendre au gazogène refroidis et nettoyés.

Le combustible fourni est du coke ordinaire d'usine à gaz, d'assez médiocre qualité, laissant d'importants mâchefers, sans qu'il semble que la consommation en ait souffert. Celle-ci, en effet, a été relevée de $0^{kg},411$ de coke par cheval-heure indiqué, ce qui est évidemment très avantageux.

GAZOGÈNE DUPLEX

La Compagnie Duplex construit un gazogène pour les installations de moteurs à gaz pauvre. Il diffère peu des précédents et est plutôt caractérisé par l'absence de chaudière, la récupération des chaleurs perdues par l'enveloppe extérieure de la cuve et l'emploi de grilles mobiles glissant sur des galets.

La suppression des chaudières remplacées comme dans le gazogène Duplex, le gazogène Genty et différents autres par une récupération de chaleur des gaz dans le gazogène et à la sortie de celui-ci, présente d'abord l'avantage de ne pas exiger une surveillance spéciale et un encombrement supplémentaire, elle présente un autre avantage très important, à mon avis, c'est une sorte d'autorégulation de la quantité de vapeur introduite avec l'air primaire. Il est évident, en effet, que, quand les gaz sortent à trop haute température, c'est que la cuve est elle-même trop chauffée et qu'une augmentation de la proportion de vapeur d'eau serait opportune. C'est précisément ce qui se produit automatiquement dans les gazogènes, comme le gazogène Duplex, puisque l'eau est chauffée essentiellement par les gaz et que ceux-ci produisent d'autant plus de vapeur que leur température est plus élevée.

De même, le dispositif de la grille mobile semble recherché dans la plupart des gazogènes et est évidemment heureux,

puisqu'il permet un décrassage facile, continu et régulier et empêche la grille de trop chauffer.

Je n'en dirais pas autant du procédé de récupération de la chaleur perdue aux parois du gazogène; c'est, à mon avis, un mauvais procédé qui ne rapporte rien et est très compliqué; les chaleurs perdues par les parois doivent être une très petite proportion de 2 ou 3 0/0 au plus de la chaleur totale, si l'on ne considère que l'enveloppe cylindrique dans un bon gazogène et la récupération ne peut guère permettre de retrouver la moitié de cette quantité, au prix d'une complication coûteuse et encombrante.

Il est certain que, dans des gazogènes comme celui de la compagnie Duplex, il y a des économies d'un tout autre ordre à rechercher.

La figure 59 représente une coupe d'un gazogène Duplex, et la figure 60 l'élévation de celui-ci à 90°.

L'on voit, dans la figure, que le gazogène se compose essentiellement d'une cuve en produit réfractaire V, entourée d'une chemise en tôle. Une légère couche de sable W sépare les produits réfractaires de la chemise métallique. Une seconde enveloppe de tôle, largement écartée de la première, laisse un espace assez considérable dans lequel l'échange de chaleur, entre l'air et les gaz, doit se produire.

L'air entre par la tubulure A, circule autour du gazogène et en ressort en V, par un tuyau deux fois coudé, sur lequel il rencontre une soupape équilibrée C, qui peut interdire le passage, ou le régler. L'air, rentrant en D, vient circuler, dans une enveloppe annulaire, à la partie supérieure du gazogène, qui constitue essentiellement la chaudière. L'on en emplit la moitié d'eau, par un tuyautage d'arrivée P, qu'un flotteur règle et dont on peut surveiller le fonctionnement par un niveau extérieur Q.

L'air, ainsi chargé de vapeur, passe dans des tubes verticaux T, où il est chauffé par les gaz brûlés, sort en F, sur les côtés de la grille et pénètre ainsi dans le charbon qui, au bas du gazogène, s'étale en cône sur la grille.

La combustion se fait en G et les gaz brûlés sortent en H, par

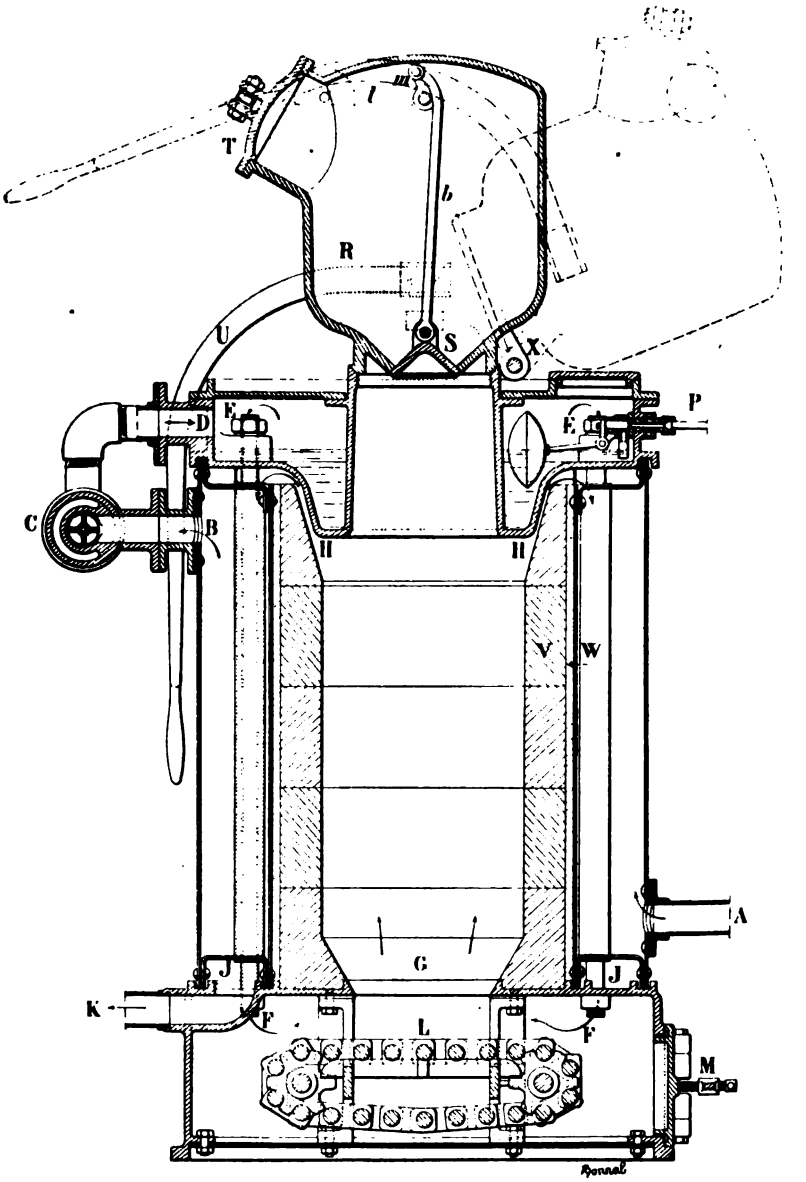


Fig. 59. — Gazogène Duplex (Coupe).

des conduits étroits, qui les serrent contre les parois de la

chaudière. De là, ils traversent des tubes I, J, qui entourent

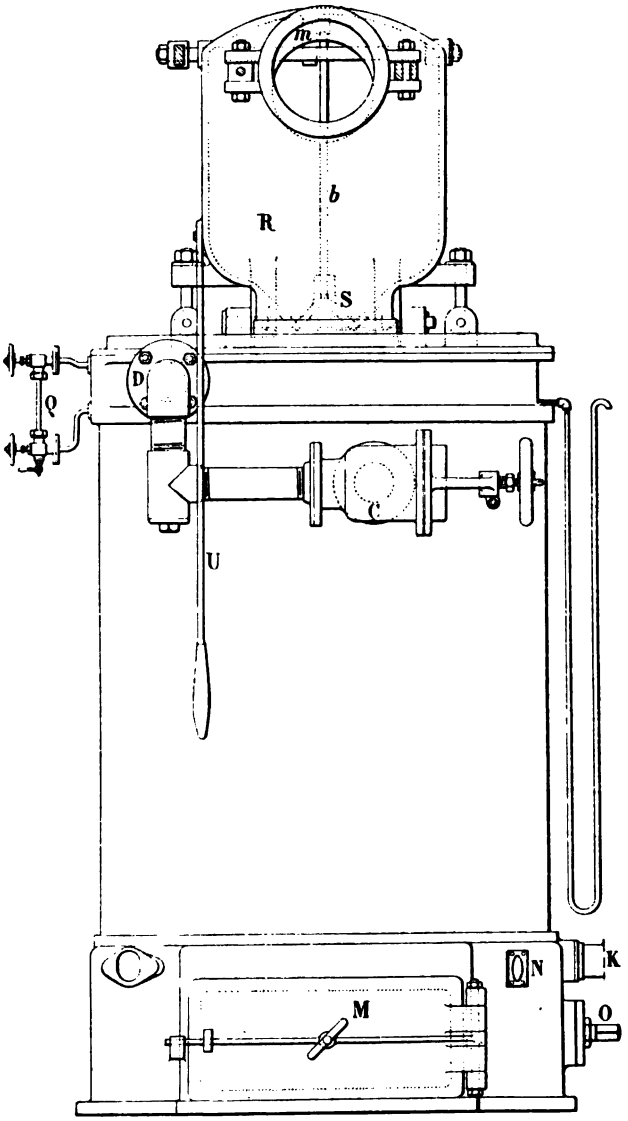


Fig. 60. — Gazogène Duplex (Élévation).

ceux qui amènent l'air pour enfin s'échapper en K.

Ces doubles tubes EF, IJ, constituent un récupérateur. L'idée de l'inventeur a dû être d'interdire les pertes de chaleur par les parois du gazogène, le récupérateur entourant celui-ci ; mais j'ai dit ci-dessus l'intérêt qu'il pouvait y avoir à éviter cette perte au prix d'une grande complication, je crains en outre que cela ne constitue un mauvais récupérateur.

Un récupérateur se compose, en général, comme la seconde partie d'une chaudière, d'une série de tubes au travers de la paroi desquels se fait un échange de chaleur.

Il y a intérêt à ce que ces tubes soient, le plus possible, voisins les uns des autres, qu'ils soient calculés de façon à ce que la surface d'échange soit la plus considérable possible et qu'il soit facile de les nettoyer pour retirer les dépôts que produiront les gaz brûlés.

Or, ici, le faisceau tubulaire est annulaire, il offre le maximum de surface extérieure pour la perte aux parois, et le rayonnement.

En outre, les gaz brûlés passent entre les tuyaux concentriques ce qui rend la vidange plus difficile, et il doit se faire assez rapidement un dépôt de goudron et de suie sur la surface extérieure des tubes les plus froids.

Enfin, il faut deux jeux de tubes, pour n'utiliser réellement que la surface des tubes qui sont intérieurs, vu que le réchauffement de l'air, qui circule de A en B, ne peut qu'être insignifiant.

On voit, encore, dans la figure, l'arbre O qui fait mouvoir la grille, une porte M qui permet de surveiller le foyer et un regard en mica N.

On peut aussi signaler la trémie de chargement, qui peut se renverser, pour ouvrir largement le gazogène, lorsque celui-ci n'est pas en fonctionnement, en pivotant autour de l'arbre X.

Cette trémie se charge de côté, avec la fermeture habituelle T et le cône S permet l'introduction du charbon dans le gazogène. Il est manœuvré par une bielle *b*, une manivelle *m* et un levier à contrepoids *l*, dont la disposition permet un bon serrage.

Enfin, le levier U, boulonné sur la trémie R, est destiné à faire basculer celle-ci.

Je ne connais pas d'application de ce gazogène dans l'industrie.

GAZOGÈNE LETOMBE

Le gazogène Letombe est représenté figures 61 et 62.

Dans cette dernière, il est réuni à un moteur Letombe.

Ce gazogène présente, comme disposition essentielle, une

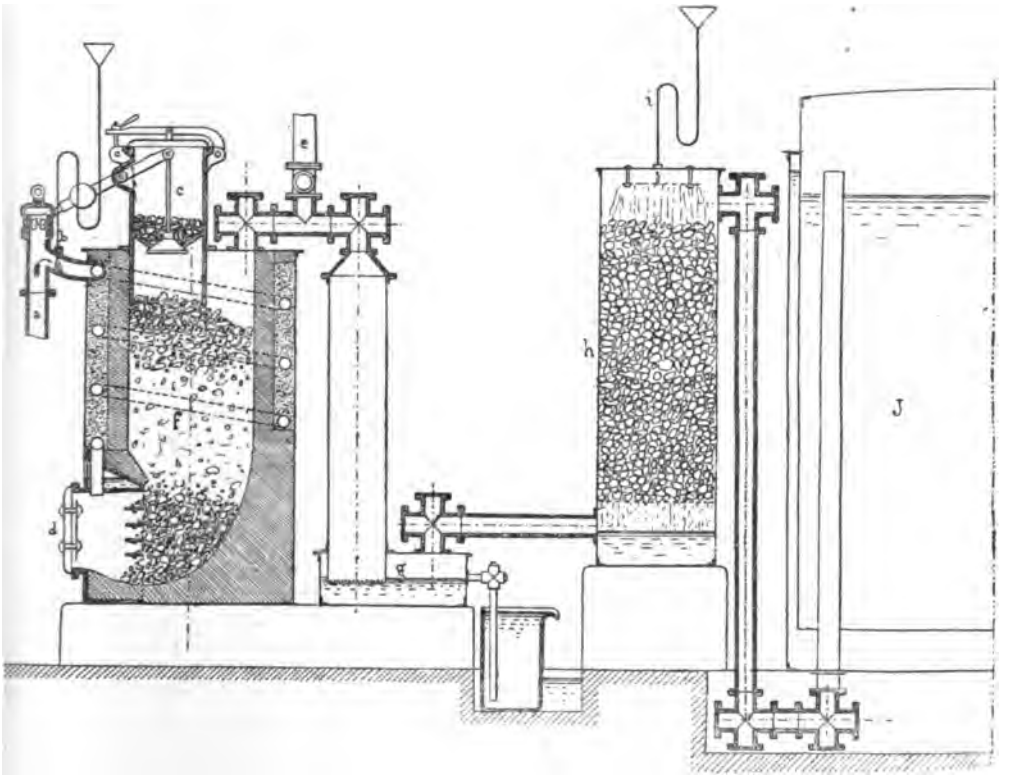


Fig. 61. — Installation de gazogène Letombe (Vue en coupe).

grille verticale, placée devant une porte *d*, qui est écartée de la grille, de façon à ne pas trop souffrir de la chaleur.

La cuve *f* est naturellement dissymétrique, de façon à ramener les scories le long de la grille verticale, et celle-ci

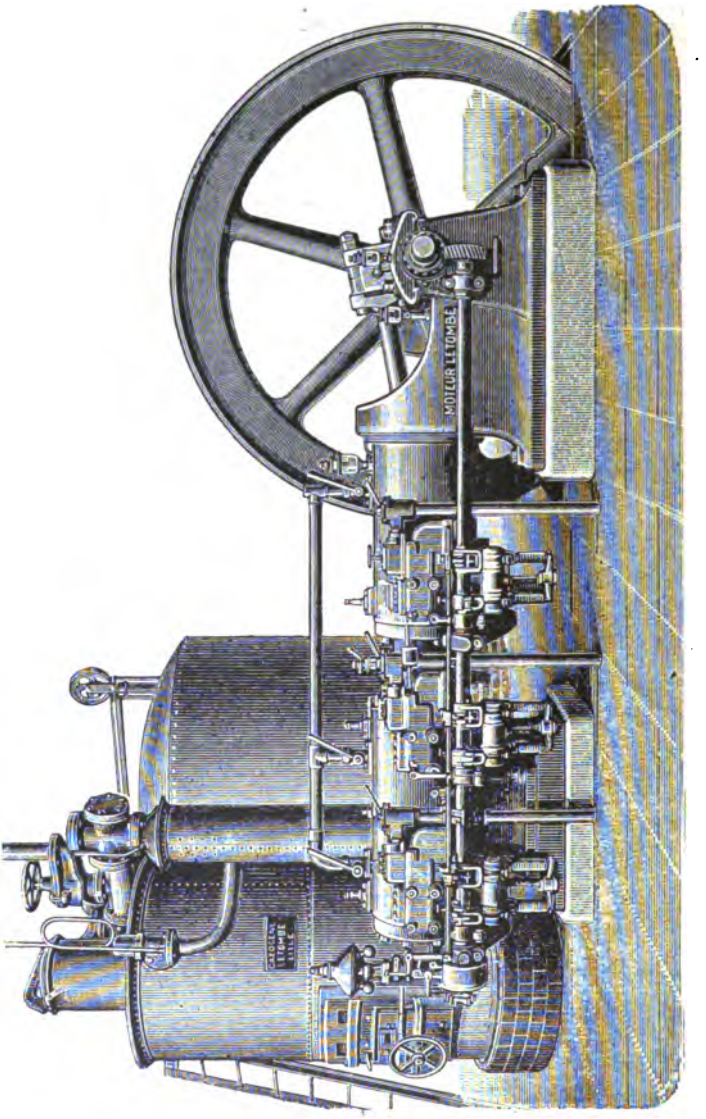


Fig. 62. — Moteur et gazogène Letombe.

permet, beaucoup mieux qu'une grille horizontale, de faire facilement le décrassage.

On voit encore, dans ce gazogène, un serpentin qui circule autour de la cuve et permet de réchauffer le mélange de l'air et de la vapeur.

L'air pénètre par la conduite *a* et l'eau tombe, goutte à goutte, par le tuyau *b*, muni d'un siphon, de telle sorte que la vapeur se forme dans le serpentin même.

Il faut ainsi employer des eaux très pures, parce que le décrassage du serpentin serait difficile.

On voit encore, en *c*, la trémie de chargement avec cône, en *e*, la tuyauterie permettant de marcher en tirage naturel.

Les gaz viennent barboter en *g*, après avoir parcouru une large conduite, formant joint hydraulique, puis ils se lavent et se refroidissent, dans le scrubber *i*, pour aboutir au gazomètre *j*.

Dans plusieurs installations, M. Letombe emploie un appareil centrifuge pour l'épuration du gaz, je le signalerai chapitre XIII.

Ce gazogène fonctionne avec la plupart des charbons maigres.

Il y a un assez grand nombre d'installations de faites notamment à l'usine Peugeot de Courbevoie.

GAZOGÈNE REX

Le gazogène Rex est, comme ceux que j'ai signalés ci-des sus, à chaudière intérieure. La vapeur d'eau se produit au-dessus de la couche de combustible, dans une cuve annulaire, chauffée par les gaz qui s'échappent.

Cette cuve est représentée en I dans la figure 63, et on voit, en J, la tubulure qui amène la vapeur d'eau sous le cendrier, après avoir traversé l'enveloppe en isolant, qui entoure la cheminée réfractaire du gazogène LL.

Ce qui différencie ce gazogène des appareils similaires, c'est

la forme du bas de la cuve B. J'ai montré que l'on rétrécissait, en général, le bas de la cuve de façon à ce que la vitesse

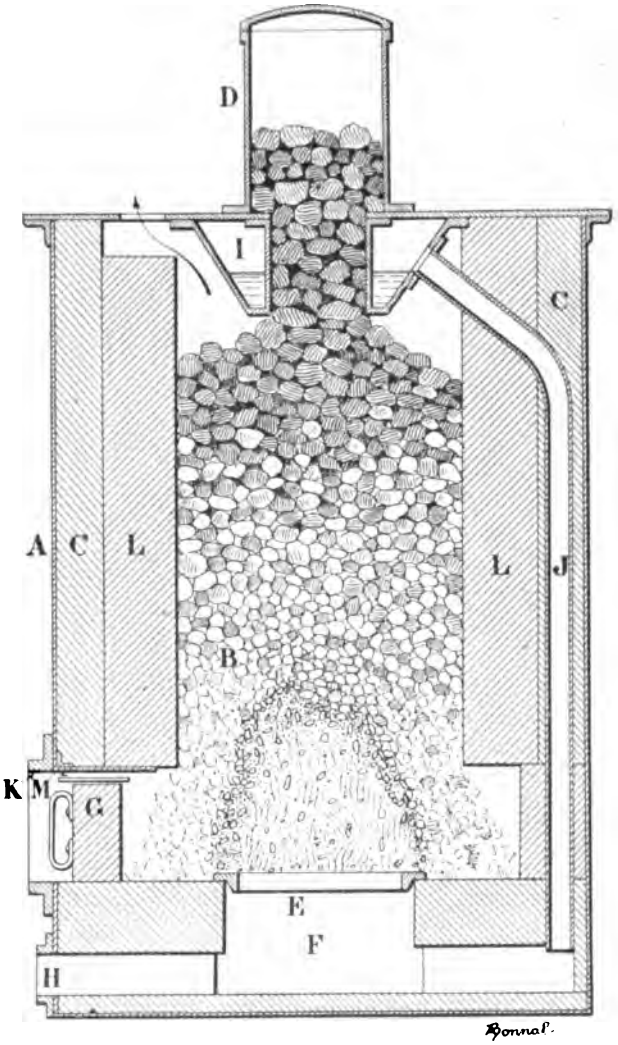


Fig. 63. — Coupe d'un gazogène Rex.

de l'air y soit maxima et pour obtenir, ainsi, une zone, où la combustion se fasse avec la plus haute température possible.

Il est évident que c'est ainsi que la combustion peut être la

plus parfaite. Mais les inconvénients pratiques sont considérables. Aux hautes températures, les charbons collent, la marche de l'appareil est entravée, et il est très difficile d'arracher les scories qui fondent et s'incrustent dans les briques réfractaires. Quelquefois celles-ci fondent elles-mêmes et font corps avec les scories.

Pour éviter les inconvénients considérables du décrassage, qui mettent si rapidement hors d'usage les foyers, M. Lafond a eu l'idée d'élargir, au contraire, brusquement la cuve au-dessus de la grille, là même où se produit la combustion. C'est ce que l'on voit dans la figure 63, où une chambre plus large est ménagée au-dessous de la grille E.

Le combustible n'emplit pas entièrement cette chambre, s'étale en cône et ne vient pas appuyer sur les parois latérales. Quelle que soit donc la température à laquelle la combustion amène le charbon, il ne pourra donc jamais coller sur les parois.

L'on voit encore, dans la figure, la porte H fermant le cendrier et il est figuré, dans la coupe, une porte K permettant de retirer les scories. Cet enlèvement se fait en retirant d'abord un tampon réfractaire, sorte de grande brique G que l'on introduit et dont la fermeture est rendue suffisamment étanche, en comblant le vide, au-dessus de G, par l'introduction d'une ou plusieurs lames de fer plat, telles que M.

Il doit y avoir plusieurs portes, telles que K.

Il paraît que des essais ont été faits par le concessionnaire, M. Besson, avec des anthracites de la Mure, des houilles maigres de Communay, de la Chapelle-sous-Dun, de Blanzy, des anthracites de la Péronière, de Cessous, et de Chamborigaud, enfin des cokes et déchets de coke comportant jusqu'à 25 0/0 de cendres, essais qui ont fort bien réussi.

En somme, ce gazogène, grâce à sa forme évasée, peut permettre l'emploi d'un combustible donnant pas mal de scories et de cendres. On a obtenu, paraît-il, de bons résultats avec le bois.

Ce que je craindrais plutôt, c'est qu'avec un tel élargisse-

ment à la zone de combustion, celle-ci ne se maintienne pas à une température suffisamment élevée, ce qui donnerait des gaz riches en acide carbonique et pourrait produire une combustion incomplète du combustible, dont une partie resterait mélangée aux scories. Mais, peut-être, ces inconvénients, qui ne sont pas signalés, ne se présentent pas et pourrait-on les éviter, en soufflant plus énergiquement le gazogène. Celui-ci présente, en tout cas, le grand avantage de pouvoir employer des charbons qui, jusqu'à présent, avaient donné de mauvais résultats dans les gazogènes habituels.

Les gazogènes ci-dessus sont alimentés par de l'air arrivant au-dessous d'une grille.

Il semble nécessaire, lorsque la surface du gazogène est grande, qu'il y ait une insufflation d'air au milieu de la cuve et au-dessus de la grille.

L'air, qui tend toujours à suivre les parois, est ainsi obligé de traverser le combustible.

En outre, il s'échauffe, dans les scories, avant d'arriver à la zone de combustion et ne brûle pas les grilles, puisqu'il aboutit au-dessus.

Il y a là un très utile perfectionnement. On a même pu, dans certains gazogènes, supprimer ainsi les grilles et les remplacer par un joint hydraulique permettant d'évacuer les cendres et les scories, au fur et à mesure des besoins.

En tous cas, un semblable dispositif permet des procédés plus perfectionnés dans le nettoyage de la grille et la vidange des scories.

Les premiers gazogènes de ce type semblent avoir été le gazogène américain Taylor et le gazogène Wilson.

GAZOGÈNE WILSON

Ce gazogène se distingue des gazogènes genre Taylor, dont la description va suivre, parce qu'il est tout en maçonnerie, ce qui le rend particulièrement robuste, et d'un prix de revient peu élevé.

C'est un des gazogènes verticaux, pour fours, qui semblent le mieux compris.

Il est représenté figures 64 et 65.

On remarque d'abord la forme conique, évasée de haut en bas, de la maçonnerie réfractaire C.

C'est une disposition extrêmement recommandable quand la prise d'air est centrale, et qui a l'immense avantage de permettre d'éviter que les charbons ne collent en faisant des voûtes.

Il est certain, en effet, que, si le charbon s'attache aux parois, comme il trouve une section plus grande, au fur et à mesure qu'il descend dans la cuve, la voûte se brisera.

La maçonnerie réfractaire C est soutenue par de la maçonnerie ordinaire B qui, elle-même, est enveloppée dans une chemise en tôle A, de façon à s'opposer au passage de l'air.

Ce qui est tout particulier dans ce gazogène, c'est surtout la disposition de l'arrivée de l'air.

On voit, en K et L, deux injecteurs où pénètre la vapeur qui entraîne l'air, en G, par une conduite qui aboutit à une sorte de pont FF qui traverse le gazogène diamétralement sur la sole.

Dans ce passage, sont réservées latéralement les ouvertures carrées H, placées au-dessus de la sole et protégées par un arceau en briques, très visible sur la figure 57 où il est représenté en coupe et qui empêche le charbon et les scories

de venir tomber dans les ouvertures H, qui seraient ainsi obstruées.

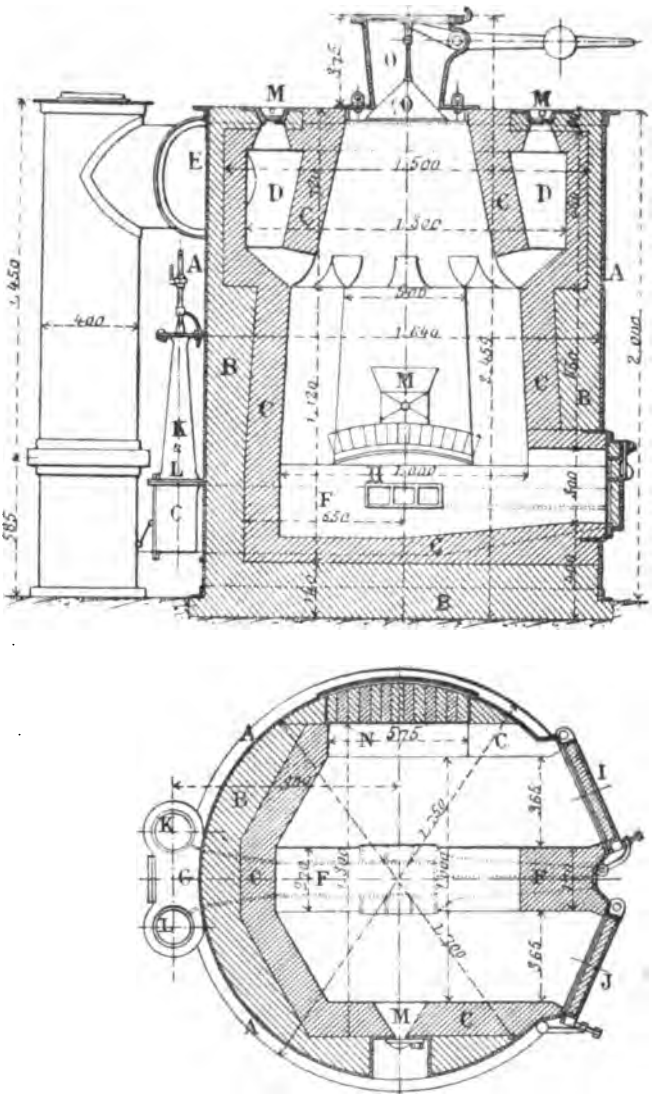


Fig. 64 et 65. — Gazogène Wilson (Coupe verticale et horizontale).

On comprend qu'entre cet arceau et la saillie formée par FF, de même que sur les côtés de FF aux abords des ori-

fices H, il reste un vide occasionné par la pente naturelle du charbon et des scories.

C'est dans cet espace qu'aboutissent l'air et la vapeur, qui traversent ensuite, en continuant de se surchauffer, les scories, pour pénétrer, à une assez grande hauteur au-dessus de la sole, dans le combustible.

Dans ce gazogène comme dans les suivants, il y a donc, d'abord une couche de cendres et de scories, ensuite celle du combustible, de sorte que ce qui repose sur la sole, ce n'est pas le combustible même et que la combustion avec les hautes températures, qu'elle produit, se fait à la séparation de la couche des cendres et du combustible, sans contact avec les parois.

Les procédés de décrassage de ce très remarquable gazogène sont aussi intéressants à signaler.

Pour enlever les cendres et les scories, on dispose de deux larges portes I et J, qui permettent d'évacuer les déchets de chaque côté de FF, en les faisant remonter, avec des crochets, un plan légèrement incliné.

Pour ringarder, au-dessus de la voûte qui protège l'arrivée de l'air et du gaz, une porte M est ménagée, visible aussi dans les deux figures.

L'alimentation du combustible, se fait, comme à l'ordinaire, par une trémie O avec cône.

Il faut aussi signaler, dans la partie haute du gazogène, une disposition que nous retrouverons dans beaucoup de gazogènes plus récents et qui transforme en quelque sorte cette partie en une chambre de distillation.

A cet effet, les gaz s'échappent, à haute température, dans une chambre annulaire DD qui entoure complètement la partie haute du gazogène, dont les parois sont encore plus inclinées que dans la partie basse, de façon à ce que les gaz, avant de s'évacuer, transmettent, autant que possible, leur chaleur au combustible qui vient d'être chargé et qui est encore froid.

On voit enfin en E la conduite de décharge.

Le gazogène Wilson est très employé pour l'alimentation des fours, concurremment avec les gazogènes Siemens, dont il diffère essentiellement par la forme de sa cuve verticale.

M. Siemens a d'ailleurs lui-même construit des gazogènes du même genre et ne s'est pas borné au type de gazogènes que j'ai signalés dans le chapitre précédent.

GAZOGÈNE FICHET ET HEURTEY

MM. Fichet et Heurtey sont les concessionnaires, en France, des brevets Taylor. Le gazogène qu'ils construisent est un de ceux qui fonctionnent le mieux, parce que, par un procédé fort ingénieux, qui constitue précisément l'invention de M. Taylor, ils ont pu éviter les grandes difficultés, que présentent toujours la proximité du combustible à haute température avec les grilles nécessaires pour séparer les cendres et les scories.

Le procédé consiste en ce que le charbon, au lieu de s'appuyer sur une grille, s'appuie précisément sur les cendres et les scories qui sont accumulées au-dessous de la zone de combustion et constituent un isolant parfait. On évite ainsi les importantes pertes aux parois par le foyer, que l'on constate dans presque tous les gazogènes. Les scories se refroidissent graduellement en s'écartant de la zone de combustion et forment une couche suffisamment élevée de façon à pouvoir être très facilement évacuées par des procédés élégants, tels qu'une grille tournante ou tout autre dispositif qu'il est facile d'imaginer, quand on n'a pas à se préoccuper de séparer le charbon incandescent de la cendre et d'assurer l'arrivée de l'air.

Ce qui est nécessaire, en effet, c'est que l'air, qui traverserait difficilement, sans l'entraîner, une couche épaisse de

cendre, pénètre à proximité de la zone de combustion. Il traversera ainsi une légère couche de cendres, qui a pour effet de répartir cet air d'une façon égale. Aussi, dans ces gazogènes, la combustion se fait très régulièrement et très complètement. Il n'y a pas de charbon qui reste mélangé aux cendres.

En outre, le décrassage se fait en pleine marche sans nécessiter un arrêt, comme dans les autres gazogènes.

La figure 66, montrant la coupe du gazogène, explique très bien comment ce résultat a été obtenu. L'air pénètre sous pression, provenant de l'injecteur Koerting I, par la conduite verticale K, qui sert à la fois à amener l'air dans le centre du gazogène, par un prolongement en forme de cheminée, que l'on voit, sur la figure, traverser la couche F de cendres et de scories, pour aboutir très voisin de la zone L de combustion et qui est protégé par un chapeau en forme de champignon, qui permet à l'air de passer et défend au charbon et aux cendres de pénétrer dans la tubulure d'une façon analogue aux chapeaux qui sont sur les cheminées.

Cette tubulure K sert en même temps de pivot à un plateau circulaire, raccordé par une sorte de cône qui facilite l'étalage des scories en G et G'.

On voit encore, sur la figure, la trémie en forme d'entonnoir, qui, au-dessous de la zone de combustion et sans avoir besoin d'être doublée de produits réfractaires, maintient les mâchefers de la zone F, de façon que ceux-ci soient soutenus et ne viennent s'ébouler sur la sole tournante G, G_1 que lorsqu'ils sont suffisamment éloignés de la zone de combustion et par conséquent sensiblement refroidis.

Est représentée, aussi, en E, la manivelle d'un engrenage permettant de faire tourner la sole G', ce qui, grâce à des doigts figurés en H, devra faire tomber le mâchefer dans le cendrier d'où il sera, ensuite, évacué par la porte D.

Le reste du gazogène est semblable à tous les appareils similaires, la maçonnerie M est soutenue par des consoles boulonnées sur l'enveloppe C. Différents regards B_1, B_2, B_3, B_4, sont ménagés au travers de la cuve. Une trémie A, fermée par un

cône renversé, est installée pour le chargement du combustible, ainsi que l'ouverture par laquelle peut être introduit un

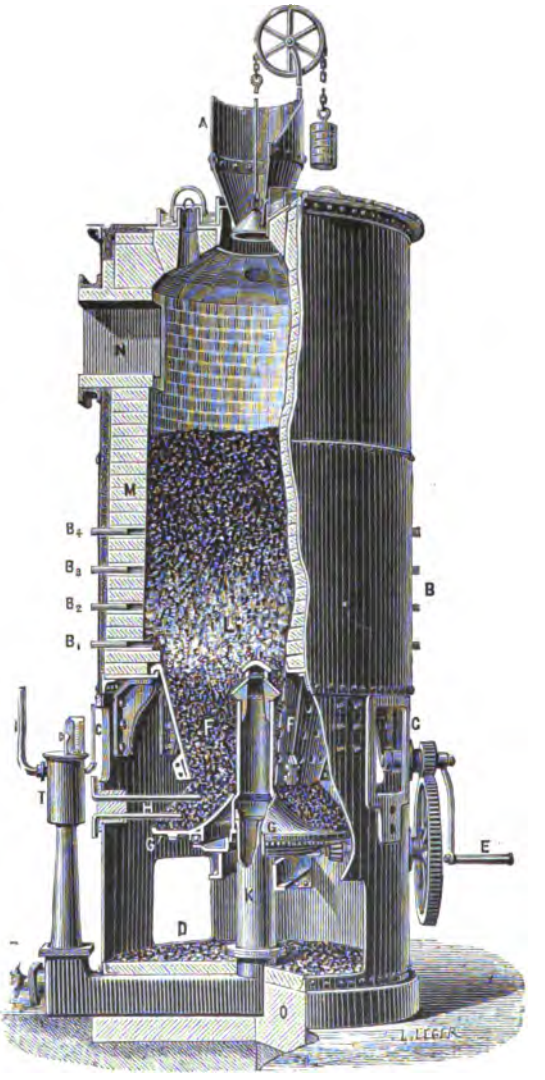


Fig. 66. — Coupe verticale du gazogène Fichet et Heurtey.

ringard. En N, est le conduit par lequel le gaz combustible s'échappe.

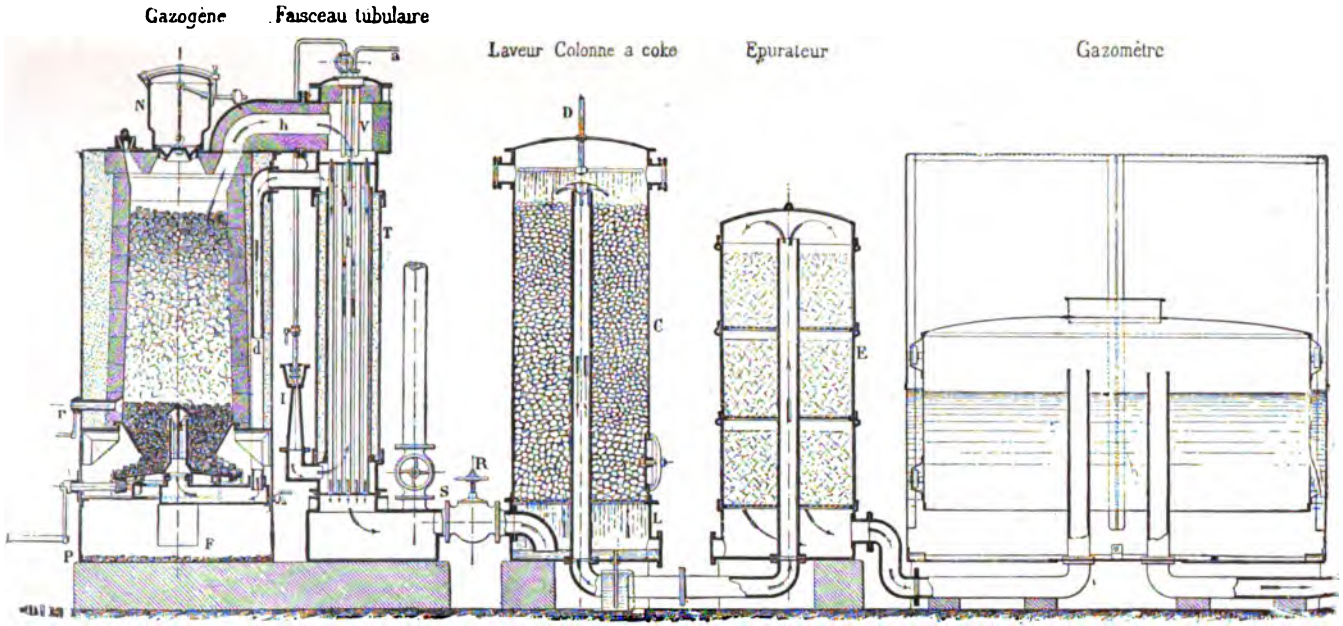


FIG. 67. — Coupe en long d'une installation complète de gaz pauvre avec les appareils de MM. Fichet et Heurtey.

Cet appareil présente des avantages considérables qu'une longue pratique a permis de constater.

Le soufflage n'a pas besoin d'être aussi énergique, puisque l'air et la vapeur n'ont à traverser que les zones de combustion, tandis que, dans les autres gazogènes, ils doivent traverser les scories et les cendres, qui sont en dessus des grilles et les entraînent dans le charbon au rouge au détriment du fonctionnement.

On peut, si l'on préfère, à égalité de pression, mettre une couche plus épaisse de combustible, ce qui est toujours avantageux, puisque, ainsi que je l'ai montré, les gaz doivent ainsi sortir plus froids, et leur chaleur être mieux employée à échauffer le combustible, avant la combustion.

Ce qui est particulièrement avantageux, c'est, comme je le disais plus haut, que le décrassage se fait automatiquement. Les scories friables sont broyées par le lent mouvement de la sole mobile et tombent tout naturellement dans le cendrier. La peine de l'ouvrier, qui surveille un semblable gazogène, est très minime. Il n'a qu'à constater, de temps en temps, par un des regards, si la combustion se fait bien et si la zone des plus hautes températures est à l'étage convenable, puisqu'il peut modifier l'arrivée de l'air et, en quelque sorte, la hauteur du plan de séparation du combustible et des cendres, en faisant s'abaisser celles-ci par la rotation du plateau.

MM. Fichet et Heurtey ont, en outre, beaucoup perfectionné le rendement de leur appareil en plaçant, à sa sortie, un récupérateur qui est représenté dans la figure 67 et qu'ils s'intitulent échangeur. Les gaz chauds, sortant par le conduit *h*, traversent une série de tubes verticaux indiqués, en *t*, dans la coupe de la figure, après avoir réchauffé, en V, la vapeur d'eau qui vient de *a*, et passe dans une sorte de série de tubes pendentifs, pour aboutir en I, à l'injecteur, où elle entraîne, suivant la direction des flèches, l'air primaire, qui vient circuler, de bas en haut, autour des tubes échauffés par les gaz brûlés pour descendre ensuite, en *d*, dans une conduite ménagée dans la paroi du gazogène et aboutir à l'intérieur du pivot central qui les distribuera avec la vapeur.

Ce récupérateur présente l'avantage d'avoir une marche continue, alors que les régénérateurs ont une marche discontinue. Il assure un meilleur rendement, puisqu'il diminue le nombre de calories, qui seraient nécessaires pour échauffer l'air primaire à la température de combustion, et permet, en échange, une transformation d'une quantité plus considérable de vapeur d'eau.

Aussi, le gaz produit est-il sensiblement plus riche.

Dans un appareil produisant 270 mètres cubes de gaz à l'heure, on a relevé les chiffres suivants :

Température d'entrée du mélange d'air et de vapeur.....	65°
Température de sortie du même mélange.....	230°
(La température d'entrée dans le gazogène est sensiblement cette dernière température.)	
Température d'entrée des gaz chauds à la partie supérieure du récupérateur.....	520°
Température de sortie, à la base du socle des cendres....	270°

Ces résultats sont particulièrement instructifs et montrent le bon fonctionnement de l'appareil.

Il est évident que le rôle de récupérateur est très différent suivant la nature du combustible employé et que la température des gaz à la sortie varie beaucoup avec la nature du combustible.

Dans ces derniers temps, MM. Fichet et Heurtey ont fait breveter un gazogène à combustion renversée dont je parlerai au chapitre X.

MM. Fichet et Heurtey ont fait beaucoup d'installations et en même temps des installations considérables.

Leur gazogène a été fréquemment employé au chauffage. Il a été installé dans les fabriques de céramique, dans les verreries, pour la cuisson de la chaux, etc.

Il a été employé à différentes applications originales, telles que la fusion du plomb pour les caractères d'imprimerie et la fabrication des câbles électriques.

Dans beaucoup de ces installations, le gaz pauvre a écono-

miquement remplacé le gaz d'éclairage, puisqu'il coûte environ cinq fois moins à égalité de calories.

Il a été également employé au chauffage d'étuves à émailler et pour le brasage des tubes dans diverses fabriques de bicyclettes, notamment aux usines Clément et Peugeot, enfin au gazage des fils de coton.

Parmi les installations importantes, on peut citer le chauffage de trois fours à cornues pour la revivification du noir animal aux établissements Virley frères, à Haubourdin.

De même, une batterie de huit gazogènes, consommant 30 tonnes de houille par jour, pour le chauffage des fours à soude de l'usine Solvay, à Saarlben, et une batterie semblable à l'usine des soudières de la Meurthe, à Varangéville. On peut citer aussi, à l'usine de Bormettes, le chauffage des fours à griller le minerai de plomb argentifère, le chauffage de chaudières à distillation à la Compagnie des pétroles de Marseille et ailleurs le chauffage des chaudières à vapeur.

Mais les installations les plus intéressantes, qui ont surtout valu aux appareils de MM. Fichet et Heurtey la haute réputation dont ils jouissent et qui leur ont assuré une confiance absolue, ce sont les applications à la force motrice, notamment celle des tramways de Lausanne, d'Orléans, de Poitiers, de Tunis et de Barcelone. Je décrirai cette dernière en parlant des applications des gazogènes.

GAZOGÈNE KITSON

Le gazogène de M. Kitson est aussi du type Taylor. Mais ce qui le caractérise tout particulièrement, c'est la disposition très ingénieuse de la grille tournante.

La figure 67 *bis* représente le bas du gazogène. On y voit que la maçonnerie repose sur une double enveloppe en fonte 27,

formant water jackett, dans l'intérieur de laquelle circule l'eau nécessaire à son refroidissement. Cette eau pénètre par un dispositif qui est représenté figure 68, où l'on voit comment l'eau, entrant par 29, passe successivement dans toutes les chambres de l'enveloppe 27, qui sont séparées par des cloisons, ainsi que le montre le détail annexé à la figure 68, et s'échappe finalement par la tubulure 30.

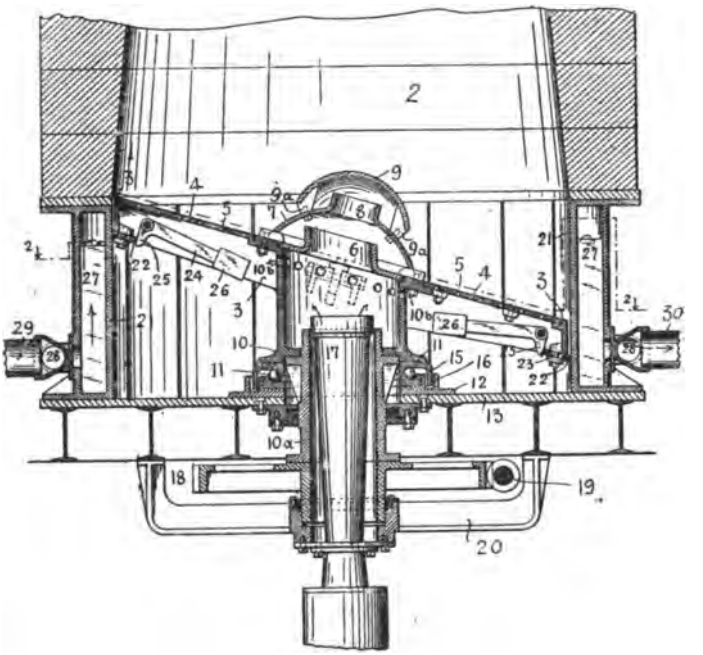


Fig. 67 *bis*. — Coupe d'un gazogène Kitson.

Sur le plateau 13, qui constitue le fond du gazogène, et sur lequel les cendres viennent se déposer, est fixé un socle en fonte 12, muni d'une gorge 16, emplie naturellement de cendres, et portant une rigole pour un jeu de billes 11, sur lequel le cylindre 10, qui porte la grille, viendra tourner. La grille est solidaire de ce cylindre, qui est lui-même solidaire d'une grande tubulure 10*a*, sur laquelle est calée une roue horizontale 18, que l'on fait tourner par une vis 19. Ce mouvement entraîne ainsi celui de la grille.

Une tuyère 17, qui est fixe, traverse tout le système et y amène le mélange d'air et de vapeur.

Ce qui distingue particulièrement la grille tournante du gazo-

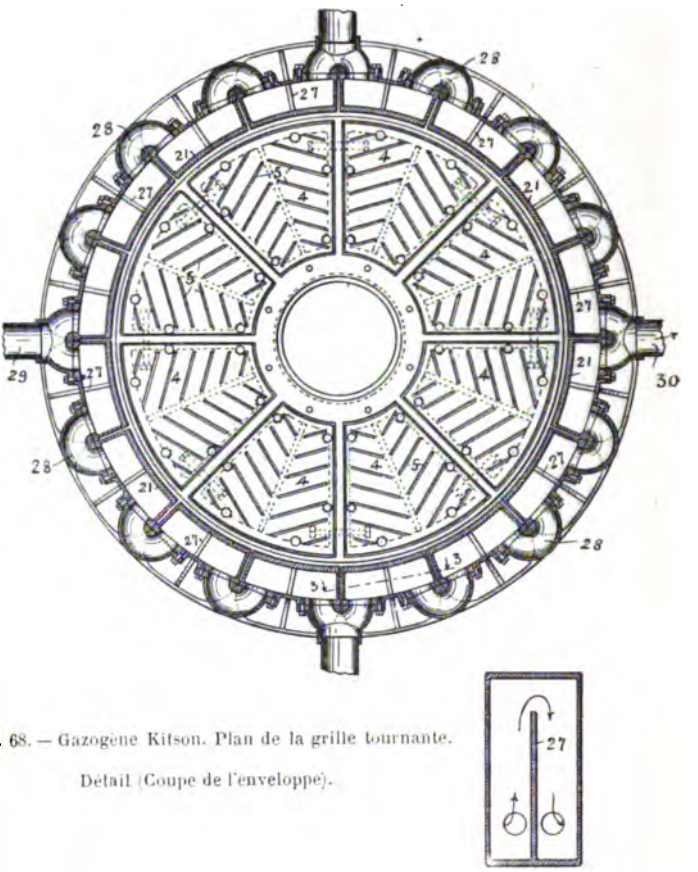


Fig. 68. — Gazogène Kitson. Plan de la grille tournante.

Détail (Coupe de l'enveloppe).

gène Kitson, c'est que celle-ci, comme la figure l'indique, est assez fortement inclinée sur l'horizontale et que, le champignon par lequel la vapeur et l'air pénètrent, étant lui-même incliné, l'air et la vapeur pénètrent à des hauteurs différentes.

On conçoit facilement que le mouvement de rotation de cette grille remue, par l'intermédiaire des cendres, le charbon qui est placé au-dessus et tend ainsi, au moins dans le voisinage

de la grille, à empêcher le charbon de coller. On remarquera, en outre, dans la figure, que l'air est introduit non seulement à des hauteurs variables par des ouvertures circulaires 9*a*, suivant l'orientation de la grille, mais encore qu'il aboutit par les ouvertures 10*b* au-dessous de la grille et pénètre ainsi, par les fentes 5, entre les barreaux 4, qui sont représentées en plan dans la figure 68.

M. Kitson a obtenu, avec cette disposition spéciale, des résultats excessivement bons, mais, toutefois, une difficulté se présentait.

Il est facile de comprendre que, dans les gazogènes type Taylor, surtout ceux, comme celui-ci, où la cuve s'élargit jusqu'à la grille au lieu d'être resserrée par des étalages, la cendre tend à s'accumuler le long des murs de la cuve.

Il conviendrait qu'il en soit ainsi, de façon que le charbon se réunisse de préférence vers le milieu où l'arrivée de l'air faciliterait sa combustion.

Mais la grille doit être calculée de façon à pouvoir varier assez sensiblement de dimension, suivant les échauffements qu'elle peut supporter, sans être appelée, dans les parties verticales 3 qui la terminent, à venir frotter sur les murs de la cuve.

Il convient donc de laisser un certain jeu entre les murs et la grille.

M. Kitson a remarqué que, par cet espace, les cendres s'écoulaient et que le charbon suivait naturellement leur mouvement. Il y a remédié par un dispositif ingénieux.

Une série de petites pièces 22, segments épousant la forme de la cuve, peuvent légèrement coulisser au-dessous de la grille et sont destinées à appuyer sur la chemise intérieure du gazogène d'une façon élastique, de manière à s'opposer au passage des cendres, mais à pouvoir s'étendre ou se retirer suivant les effets de la dilatation de la grille. Pour cela, ces rondelles sont butées par une série de leviers 25, près de leur axe de rotation, et ceux-ci les poussent soit par l'effort du poids d'une petite masse 26 fixée à l'extrémité du bras levier 24, soit par l'action d'un ressort à boudin attaché d'une façon analogue.

GAZOGÈNE FORTER

Le gazogène Forter, qui est employé en Amérique, est aussi

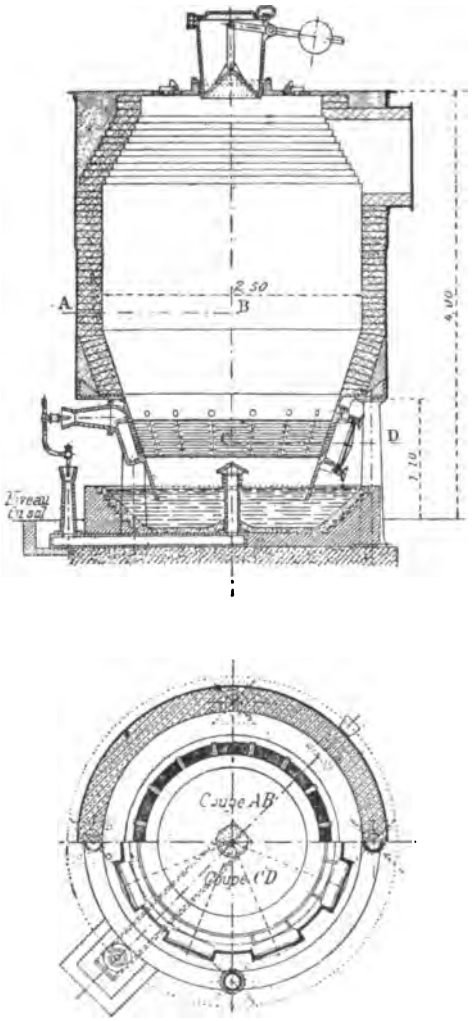


Fig. 69 et 70. — Gazogène Forter (Coupe verticale et horizontale).

du type Taylor. Le cône en fonte qui soutient les étalages plonge dans une cuve pleine d'eau servant à la refroidir et à former

joint hermétique. Mais il est disposé d'une façon particulière pour laisser passer une partie de l'air qui alimente la combustion. On voit, en effet, dans les figures 69 et 70, et spécialement sur la coupe CD, que le cône inférieur constitue une série de grilles inclinées enfermées dans des sortes de boîtes étanches où aboutissent l'air et la vapeur par deux injecteurs opposés, dont l'un est représenté à gauche de la figure 63.

Ce dispositif est particulièrement avantageux quand on veut construire des gazogènes à forte production, où la prise d'air centrale peut être insuffisante pour la grande surface que présente le combustible en section horizontale à son niveau.

S'il n'y avait pas de prise d'air latérale, il serait, en effet, à craindre que du combustible passe au-dessous de la prise d'air et s'écoule avec la cendre sans être complètement brûlé.

GAZOGÈNE WOOD

Le gazogène construit par MM. Wood et Cie, de Philadelphie, est intéressant parce qu'il réunit le dispositif de la grille Taylor et celui du chargement automatique Bildt que je décrirai au chapitre XIII.

Les figures 71, 72, 73, 74, représentent une coupe du gazogène et la disposition de deux appareils réunis.

On y remarque la disposition du réchauffeur d'air servant en même temps à recueillir les plus grosses poussières du générateur, et constitué par un large tube vertical dans lequel les gaz, sortant du gazogène, descendent entourés d'une enveloppe annulaire où passe l'air qui se réchauffe pour, ensuite, être conduit dans le gazogène.

Cet appareil aboutit, en bas, à un réservoir empli d'eau destiné à récolter les poussières et d'où les gaz s'en vont par une conduite verticale pour aboutir à un grand collecteur qui les conduit au bas des deux scrubbers.

Cette disposition est particulièrement visible dans la figure 74.

Du scrubber, les gaz sortent, par en haut, pour aller traver-

ser deux filtres et, de là, aboutir à la conduite qui les mène au gazomètre.

Les figures montrent encore très nettement l'alimentation

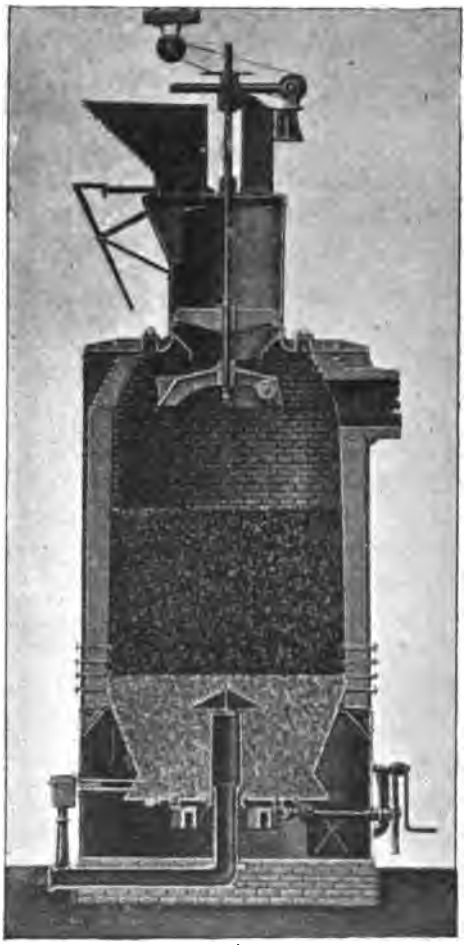


Fig. 71. — Coupe du gazogène Wood.

d'eau de tous ces appareils, les siphons et les purges. Toute l'eau résiduaire aboutit, par une pente générale, dans un même réservoir d'où elle est ensuite évacuée.

Cette disposition générale semble bien comprise.

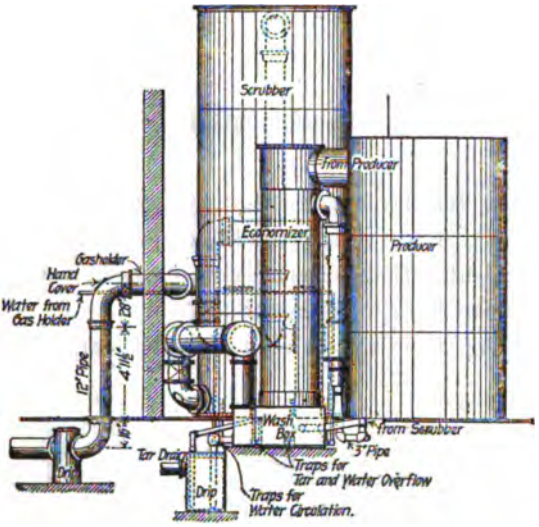


Fig. 72. — Gazogène Wood (Ensemble des appareils).

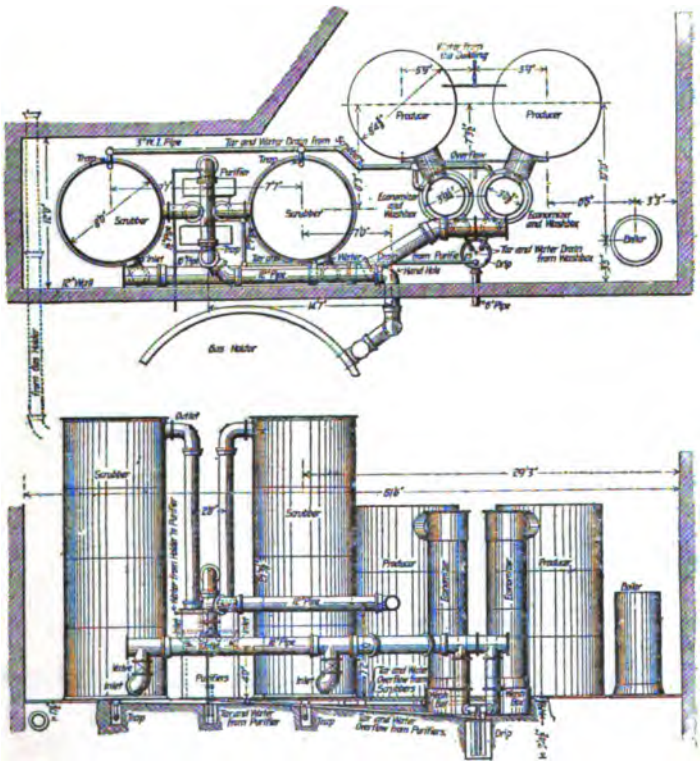


Fig. 73 et 74. — Élévation et vue en plan d'une installation de gazogène Wood.

GAZOGÈNE TALBOT

Le gazogène Talbot, représenté figures 75 et 76, est aussi du type Taylor. Ce qui le différencie, c'est qu'il est traversé par un arbre vertical portant deux bras, l'un horizontal, l'autre incliné, destinés à agiter le combustible.

L'arbre est refroidi par une circulation d'eau et mis en mou

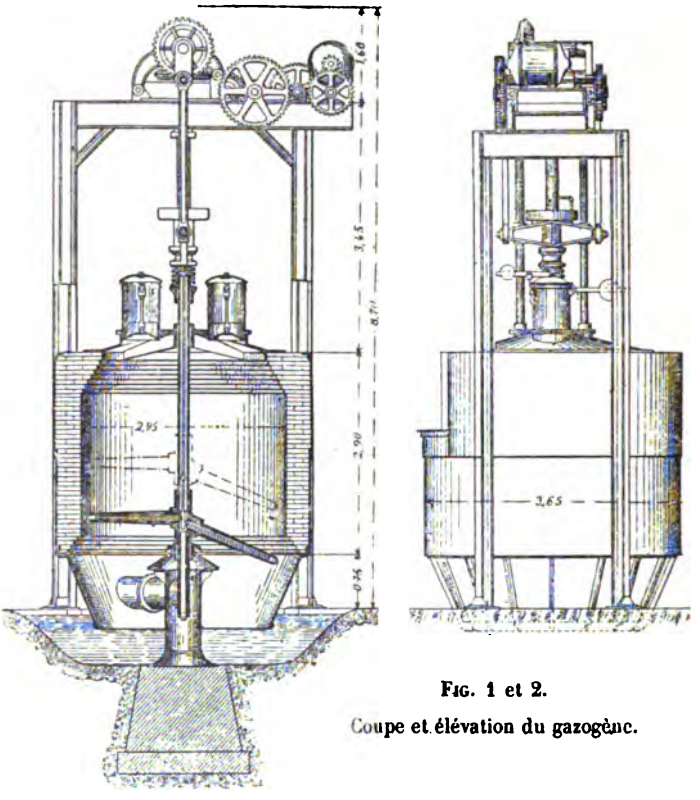


Fig. 1 et 2.
Coupe et élévation du gazogène.

Fig. 75 et 76. — Coupe et élévation d'un gazogène Talbot.

vement double de rotation et de déplacement vertical périodique, par une série d'engrenages figurés au sommet de l'appareil et entraînés par des transmissions.

On voit, sur la figure, comment l'arbre coulisse dans le champignon qui surmonte la prise d'air centrale, et comment le mouvement, de haut en bas, lui est imprimé, par une bielle et une manivelle, en même temps que le mouvement de rotation.

Dans ces conditions, on est obligé de mettre, au-dessus du gazogène, deux trémies de chargement, ne pouvant plus en avoir une à la partie centrale, et l'on doit installer quatre colonnes en fer pour supporter le plancher supérieur où le mécanisme est disposé.

Dans ce gazogène, les étalages sont en fonte et plongent directement dans une nappe d'eau où les cendres se perdent.

On évite, ainsi, que cette partie du gazogène ne chauffe, et l'on forme un joint hydraulique fermant le gazogène d'une manière étanche.

Ce gazogène a donné, paraît-il, d'excellents résultats et a été installé en unités de production très considérables, ainsi que les dimensions figurées au dessin l'indiquent d'ailleurs.

On dispose aussi sur ce gazogène, en profitant de sa forme évasée de haut en bas, des trous de piquage à peu de hauteur au-dessus de la zone de combustion.

On peut ainsi briser les voûtes qui tenteraient de se former.

GAZOGÈNE POETTER

Le gazogène Poetter et Cie, de Dortmond, se recommande par sa bonne construction et par sa grande simplicité. Il est, en outre, installé d'une façon particulièrement ingénieuse pour permettre la visite facile des grilles. C'est ce qui le différencie le plus des gazogènes des autres constructeurs.

Les deux figures 77 et 78 représentent des gazogènes en batterie, pour des fours.

On voit donc, dans ces figures, un canal servant de collec-

teur pour les gaz et des conduites communes servant à amener le vent et la vapeur.

Dans la figure 77, le gazogène est spécialement destiné à l'emploi de combustibles compacts, en morceaux, tels par exemple que le coke et les anthracites.

La disposition caractéristique consiste en ce que la cuve repose sur un anneau en fer, qui est supporté par six colonnes creuses en fonte, qui sont coupées dans la figure. C'est sur

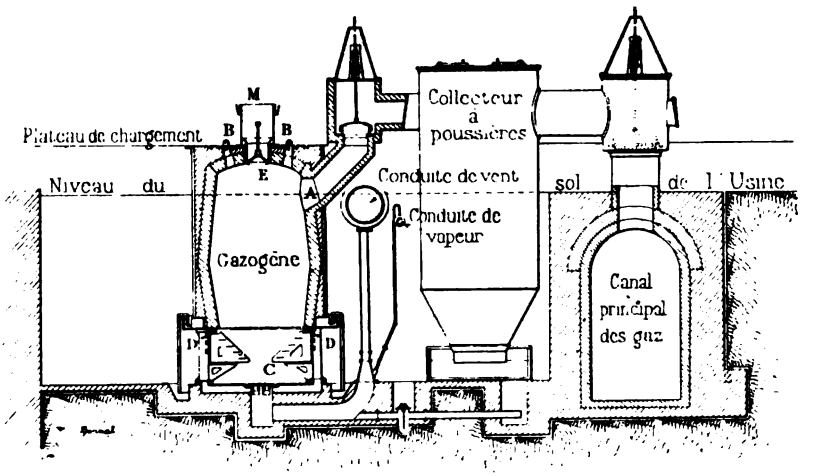


Fig. 77. — Gazogène Poetter.

ces colonnes que la grille polygonale, en forme d'escalier, s'appuie par six consoles. On conçoit donc que, comme il est facile de passer entre les six colonnes, il sera très simple de nettoyer les grilles en cas de besoin et d'y faire les réparations nécessaires.

Comme, d'autre part, il faut que le gazogène soit étanche, on a obtenu la fermeture au moyen d'une chemise circulaire, amovible, en tôle d'acier, formant un bourrelet à la partie supérieure et venant ainsi s'accrocher dans une cornière circulaire faisant corps avec l'anneau en fer qui supporte la partie supérieure du gazogène et aboutissant en bas, dans une rigole, au niveau du sol de l'appareil.

Ces deux rigoles doivent être constamment remplies d'eau de façon à rendre les joints étanches.

Cette disposition est commune aux appareils différents des figures 77 et 78.

Dans la figure 77, l'air pénètre dans le gazogène en C et passe en même temps dans les colonnes creuses, où, par des ouvertures D, il est distribué, des six côtés à la fois, entre les

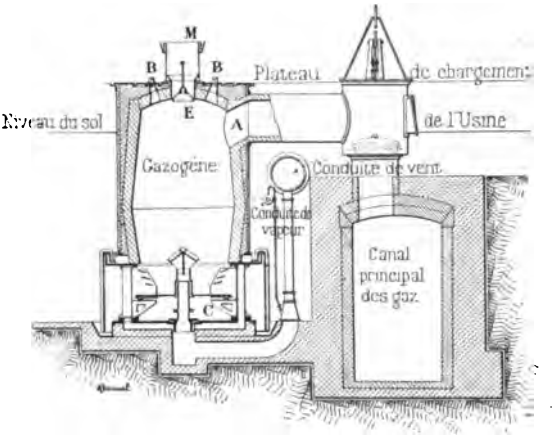


Fig. 78. — Gazogène Poetter avec tuyère centrale.

barreaux des grilles. L'arrivée d'air se fait ainsi d'une façon uniforme sur toute la face postérieure des grilles.

On voit encore, dans la figure, la disposition de la trémie fermée par une cloche Morton M et par un cône E. On peut remarquer des cloches servant à ouvrir ou à fermer le passage du gaz, qui se fait par la conduite A. Le gaz traverse, avant de rejoindre le canal principal qui devra le conduire à destination, un collecteur de poussières, qui se compose d'une tubulure centrale, par où le gaz descend, et de la tubulure annulaire par laquelle il remonte.

Les poussières se réunissent, en bas, dans un entonnoir dont l'extrémité plonge dans l'eau.

Le second appareil représenté (*fig.* 78), diffère du premier en ce que l'admission de l'air ne se fait plus par les colonnes,

mais par une tuyère verticale surmontée d'un chapeau, comme dans le gazogène Taylor.

Cette disposition est nécessaire pour relever la prise d'air dans le cas de l'emploi de combustible pulvérulent, où le passage de l'air serait très difficile et ne pourrait pas s'effectuer entre les barreaux des grilles.

Il existe, paraît-il, actuellement près de 200 gazogènes Poetter, dont une partie alimente des moteurs à gaz. La bonne répartition de l'air assure une combustion intrégale des combustibles et la deuxième disposition a permis de brûler des lignites, même pulvérulents.

Il y a une installation importante de ces gazogènes dans l'usine de la Marine, à Guérigny.

NOUVEAU GAZOGÈNE CROSSLEY ET ATKINSON

Le gazogène Crossley est aussi à grille tournante avec joint hydraulique; mais il est particulièrement caractérisé par les procédés employés pour échauffer le charbon avant son arrivée à la zone de combustion.

Il se compose essentiellement d'une cuve en tôle *d*, fort haute, et dont la partie basse forme joint hydraulique dans une cuve *g* remplie d'eau et disposée de façon à ce qu'on puisse facilement en extraire les cendres.

La partie centrale du gazogène est composée d'une chemise réfractaire *b*, soutenue par une chemise extérieure en fonte *a*, qui ne vient pas appuyer sur l'enveloppe extérieure en tôle, mais laisse un espace vide dans lequel circule l'air primaire qui pénètre par *f* et s'échauffe ainsi en *e*, avant d'aboutir autour de la grille tournante.

Celle-ci repose, comme d'habitude, sur des boulets, maintenus dans une rainure, et est mise en mouvement par un engrenage et une manivelle extérieure. Sur une table circulaire

tournante viennent s'articuler des barreaux coudés qui constituent la grille.

Les gaz sont reçus à la partie supérieure dans une large cloche *k*, autour de laquelle le charbon descend en *m*.

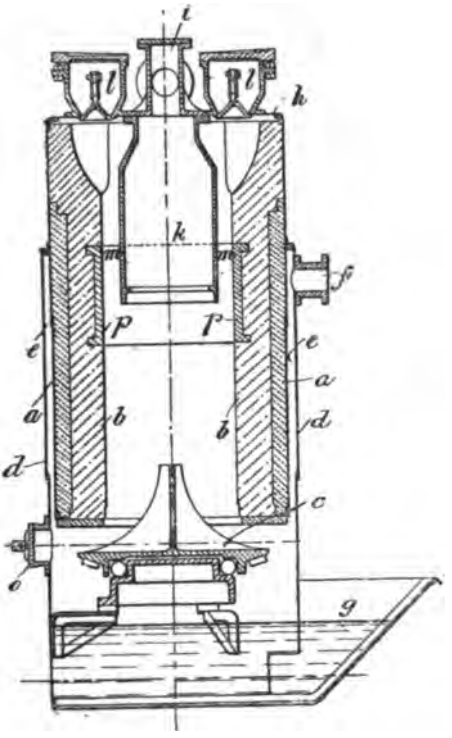


Fig. 79. — Gazogène Crossley et Atkinson.

Pour que celui-ci se réchauffe bien, l'on dispose, à l'intérieur du cuvelage réfractaire, une chemise en fonte *p*.

Le charbon est introduit autour de *k* par deux trémies à cônes *l*.

On voit encore dans les figures 80 et 81 cinq regards *n* permettant de constater l'état du feu et de le tisonner, ainsi que trois portes *o*, qui permettent d'aboutir à la grille.

Ce gazogène semble très bien compris, et on doit admirer,

en particulier, le soin avec lequel les chaleurs perdues par les gaz sortants sont récupérées pour réchauffer le combustible.

Je crains cependant que les pièces en fonte autour de la prise de gaz ne soient très rapidement brûlées.

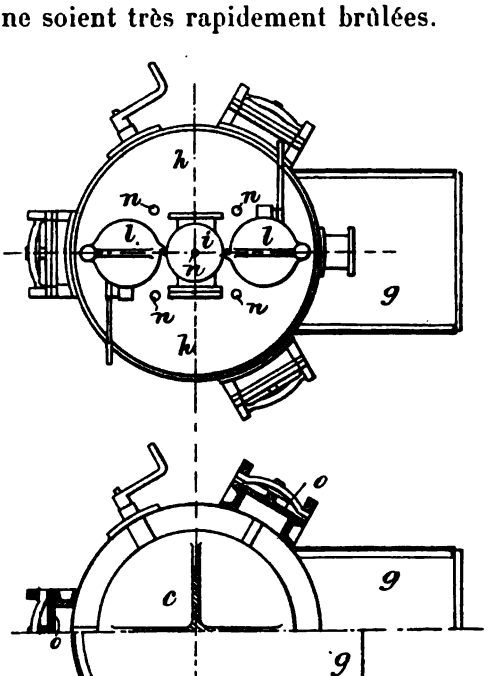


Fig. 80 et 81. — Détails du gazogène.

J'ai montré les gazogènes du type Dowson et les gazogènes du même type, modifié par une prise d'air centrale et des grilles tournantes, dérivant plus ou moins du procédé Taylor.

Dans une partie de ceux-ci on a déjà pu supprimer la chaudière, mais l'ensemble des appareils reste fort encombrant, ce qui est particulièrement gênant pour l'installation de petits moteurs à gaz pauvre.

Depuis quelques années on a cherché à créer de nouveaux types, où l'on puisse supprimer le gazomètre et faire aspirer directement le gaz par le moteur à gaz.

M. Bénier a été le précurseur. Le gazogène Taylor et Cie a, en somme, réussi. Il a été très fréquemment imité.

D'où toute une série nouvelle de gazogènes que je vais décrire.

GAZOGÈNE BÉNIER

M. Bénier a fourni, sur les moteurs à gaz et les gazogènes, un travail considérable. Il est certainement l'un de ceux auxquels on est redevable des plus grands progrès qui ont été faits dans cette voie, mais il n'a pas été heureux jusqu'à présent, et il faut espérer que l'avenir lui sera plus favorable.

Il a toujours voulu réunir ensemble le moteur et le gazogène et, dans ses moteurs à gaz, il est resté attaché aux moteurs à deux temps de l'ancien type, c'est-à-dire aux moteurs avec compression dans un cylindre spécial, ce qui a peut-être été la cause de son insuccès.

Le gazogène, ici représenté, est un gazogène à grille tournante cylindrique.

C'est en effet une des inventions qui sont dues à M. Bénier, d'avoir imaginé une grille dont les barreaux reposent sur un cylindre creux, en partie rempli d'eau et que l'on peut, de temps en temps, faire tourner.

Le mouvement de rotation entraîne les poussières et permet de présenter la grille sous une face nouvelle, de façon à éviter un échauffement trop vif; en outre, l'eau contenue dans la grille refroidit les barreaux par conductibilité et, en s'échauffant, permet de fournir, sans autre chaudière, la vapeur nécessaire au gazogène.

M. Bénier est, en effet, je crois, le premier de ceux qui aient cherché à utiliser les chaleurs perdues des gazogènes pour produire la vapeur nécessaire.

Le gazogène représenté figures 82, 83, 84, 85, se signale encore par une autre particularité. Il se compose effectivement de deux cuves, l'une dans l'autre, entre lesquelles circulent l'air et la

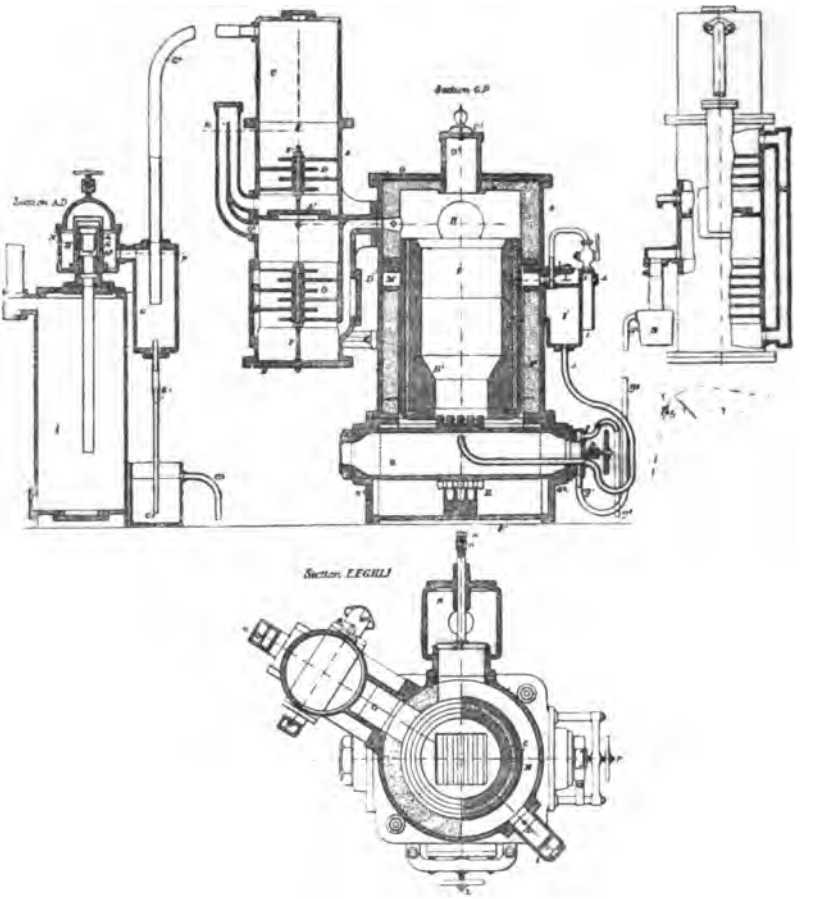


Fig. 82, 83, 84 et 85. — Gazogène Bénier à aspiration.

vapeur, qui se rendent sous la grille, de façon à y parvenir à une température élevée, en ayant récupéré les chaleurs perdues aux parois.

On voit, en effet, en A, l'enveloppe en fonte qui entoure tout l'appareil et qui est garnie d'une chemise réfractaire A^1.

Elle est boulonnée au socle G^1, G^2, qui porte la grille et le cendrier.

Cette enveloppe présente, en D, une double arête intérieure, constituant, en M, une gorge annulaire.

L'enveloppe en fonte B, garnie, elle aussi, d'une chemise réfractaire B', séparée suivant l'usage par une couche de sable C, repose, par un rebord circulaire, sur les supports D, de sorte que le gazogène, ou, du moins, la partie où se fait la combustion, est suspendu, en quelque sorte, dans l'enveloppe extérieure A et que le garnissage réfractaire, disposé à la partie supérieure, rend la jonction étanche. L'on comprend maintenant que, si l'air et la vapeur aboutissent à la rigole annulaire M, ils pourront descendre autour de l'enveloppe B qui ne joint pas hermétiquement les garnitures réfractaires A^1, ils se chaufferont ainsi au contact de l'enveloppe D pour aboutir à la grille.

Cette grille tournante est constamment nettoyée par un peigne E. On y voit aboutir, auprès de la partie supérieure, une tubulure J, qui entraîne la vapeur fournie. Celle-ci se rend dans la chambre I, puis, par un tuyau et un robinet, dans une chambre voisine, d'où, par de petites ouvertures *i*, elle pénètre en L, où elle rencontre l'air dont l'admission est réglée par le bouton *l*, et le mélange vient dans la couronne M.

On voit encore, aboutissant à la grille, les conduites g^1g^2 qui servent à y introduire de l'eau et gg^3 qui sert à évacuer le trop-plein, enfin, la vis P, qui maintient fermée la porte à laquelle ces tubulures sont ajustées,

En examinant le plan de la partie basse du gazogène, on remarque encore une porte à vis L servant au décrassage et une chambre N où un piston N^1 peut être ouvert, quand le gazogène doit fonctionner en combustion lente sous le tirage naturel d'une cheminée.

Dans la figure 84, on voit encore l'élévation de la trémie posée sur le chapeau O, et la conduite Q par laquelle les gaz s'en vont à l'appareil chargé de les refroidir et de les nettoyer.

Celui-ci constitue un double laveur, où le gaz vient barboter, en F, dans une couche d'eau, puis monte, en étant chicané par une série d'étagères, et aboutit en Q^1 dans une conduite, sorte de siphon, où il monte et redescend. Cette disposition permet de rencontrer encore dans le même appareil une nouvelle couche d'eau, de traverser à nouveau un second jeu de chicanes, pour aboutir enfin au sommet de l'appareil par la tubulure C^1. Ensuite il y a encore un laveur G qui aboutit à un appareil ingénieux figuré en H et destiné à nettoyer les poussières. Les gaz vont à un réservoir I, d'où ils seront conduits au moteur.

GAZOGÈNE TAYLOR ET Ce

Le gazogène exploité par MM. Taylor et Cie, à Paris, est du même type et spécialement imaginé pour l'alimentation des moteurs de petites puissances.

Quand il s'agit de prévoir un gazogène pour des moteurs de 15 à 20 chevaux, la concurrence la plus sérieuse que l'on rencontre est celle du gaz de ville et du pétrole. Car les machines à vapeur ne sont pas avantageuses pour d'aussi petites puissances et occasionnent une grande consommation. Généralement elles ne sont pas à condensation.

D'autre part, le gaz de ville et le pétrole, à défaut de la machine à vapeur, présentent l'avantage de ne nécessiter qu'une surveillance très restreinte.

Il convient donc, pour employer économiquement un gazogène avec d'aussi petites puissances, d'imaginer un appareil nécessitant peu de surveillance, et, en ce cas, il n'est nullement nécessaire d'éviter l'emploi des combustibles chers.

Il est certain, pour prendre un exemple, que, si l'on peut, avec un petit gazogène, dépenser 1 kilogramme de combustible, là où il fallait un mètre cube de gaz de ville, que, si

celui-ci coûte 0 fr. 25, il n'est pas très important que le kilogramme de combustible coûte 3 centimes ou 4 centimes; tandis que, s'il s'agissait d'installations importantes, où la concurrence des machines à vapeur doit être considérée, un écart du tiers dans le prix du combustible à employer aurait un tout autre intérêt.

MM. Taylor et Cie ont donc cherché à supprimer le plus possible les épurateurs qui constituent la partie délicate d'un gazogène, et ils ont surtout réussi en employant des combustibles très purs et dépourvus de matières volatiles, des anthracites, de préférence des anthracites anglais.

Ils ont, en outre, supprimé la chaudière ou, du moins, remplacé celle-ci par un appareil de vaporisation automatique ne demandant pas de surveillance.

Ils ont disposé leur appareil de façon à ce que le chargement se fît à de longs intervalles et que le décrassage n'ait pas besoin d'être opéré plusieurs fois par jour.

Pour obtenir ce dernier résultat, ils ont construit leur gazogène sans grille.

Enfin, n'ayant pas de chaudière indépendante et ne pouvant pas donner à la vapeur une haute pression, ils ne pouvaient pas faire insuffler l'air par un injecteur; ils ne voulaient surtout pas compliquer la machine par un ventilateur; ils ont imaginé de faire faire l'appel directement par le moteur.

La disposition du gazogène Taylor nécessite donc l'emploi d'un moteur.

On pourrait craindre que le mouvement irrégulier, de l'air et des gaz, produit par les aspirations du moteur, nuise au fonctionnement du gazogène et que cette aspiration ne convienne pas au bon fonctionnement du moteur.

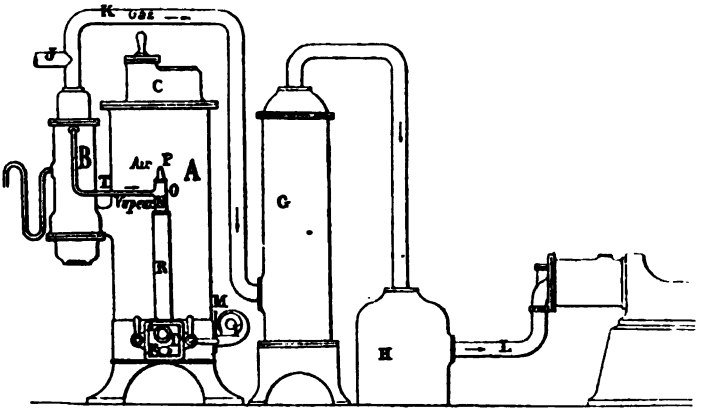
Il n'en est pas ainsi. D'abord, l'irrégularité de la demande n'est pas absolue, le mouvement de l'air et des gaz est en quelque sorte périodique et la qualité de ceux-ci doit être sensiblement la même à chaque aspiration.

En outre, les quantités aspirées ne sont pas considérables et leur demande est fréquente. Aussi peut-on admettre que

si les conduites de distribution sont un peu longues, le mouvement sera très régulier au travers du gazogène. Ce qui est le principal.

MM. Taylor et Cie disposent d'ailleurs un petit réservoir à proximité du moteur, qui permet de réduire beaucoup les variations ainsi produites on faisant en quelque sorte volant.

La figure 86 représente le schéma de l'ensemble d'une installation du moteur à gaz pauvre avec le gazogène Taylor.



Vue d'une installation complète

Fig. 86. — Gazogène Taylor et Cie.

On voit, en H, le réservoir de détente dont je viens de parler, communiquant avec la culasse du moteur par la conduite d'admission. En G, est un scrubber laveur où le gaz abandonne les poussières qu'il contient. En A, est le gazogène lui-même qui est représenté en coupe dans la figure 87.

Ce gazogène se compose d'une enveloppe en terre réfractaire 25, rétrécie dans le bas et formant des étalages 26, la cuve ayant ainsi la forme de celle d'un haut-fourneau. Elle est soutenue par diverses pièces en fonte, facilement démontables, représentées en 21 et 22, se composant notamment d'une plaque métallique 22, qui supporte les étalages et d'une pièce posée sur un rebord de l'enveloppe en tôle du gazogène et, qui entoure toute la terre réfractaire qui forme le foyer, supporte, en même

temps, celle qui forme la cuve. Un espace annulaire, indiqué en 20, est réservé pour permettre à l'air et à la vapeur de circuler autour du foyer, de façon à s'échauffer et à protéger ces

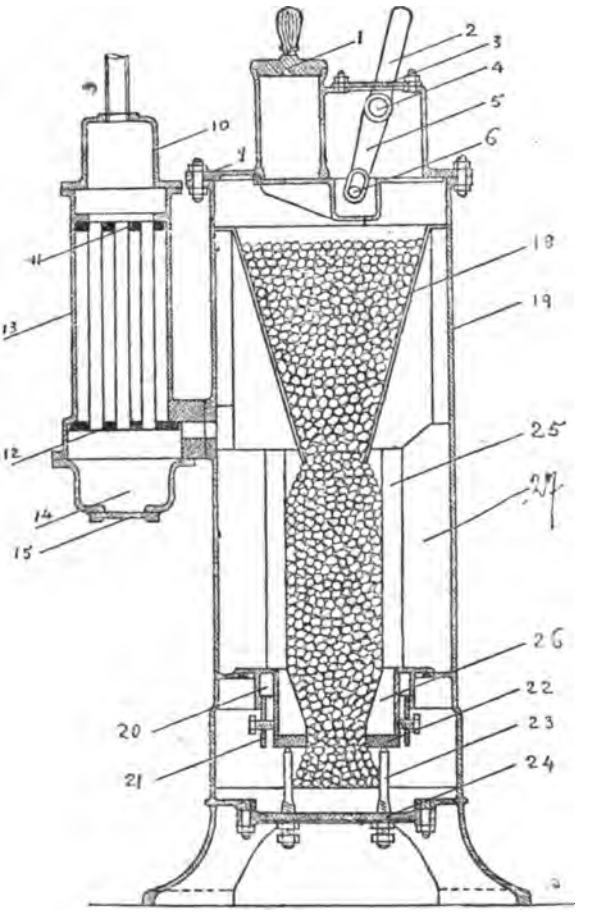


Fig. 87. -- Coupe verticale du gazogène Taylor et Cie.

pièces métalliques. Une bague, figurée en 21, et appuyée sur cette monture par des vis pointeaux, la maintient. Enfin des entretoises, figurées en 23, et reliées par des doubles écrous au socle 24, supportent la plaque 22 et permettent de la serrer contre la terre du foyer.

On voit, ainsi, qu'il est facile de réparer le foyer, si le décrassage y a amené quelques dégâts, puisque toute l'armature de ce foyer peut être démontée par le bas, sans avoir à toucher la partie supérieure de la cuve.

Le gazogène est enfermé dans une enveloppe en fonte beaucoup plus grande que la cuve 19 et l'intervalle entre la cuve et

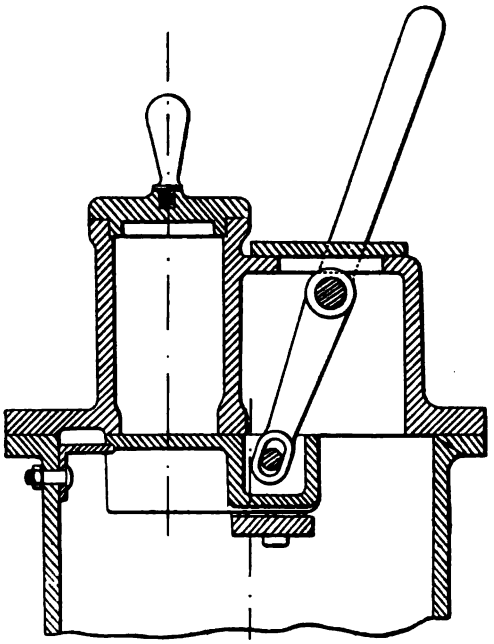


Fig. 88. — Trémie de chargement (Coupe dans le sens du levier).

l'enveloppe est rempli de terre pilonnée figurée en 27. Dans le haut du gazogène, l'enveloppe est encore protégée par de la terre réfractaire, et un vaste espace vide, que les gaz parcoureront, y est ménagé entre les parois et un grand entonnoir qui sert à l'alimentation du combustible.

On voit, sur la figure, que cet entonnoir 18 a des dimensions très vastes. C'est dans le double but de permettre des chargements peu fréquents, le combustible étant ainsi placé là comme une vaste réserve et, en outre, de pouvoir échauffer celui-ci par les gaz qui sortent de la cuve.

On a cherché à faire pénétrer le charbon par un procédé assurant une très grande étanchéité. Il est en effet de toute importance, dans un gazogène fonctionnant par aspiration, qu'il ne puisse pas être fait, par cette voie, un appel d'air froid qui viendrait se mélanger au gaz combustible.

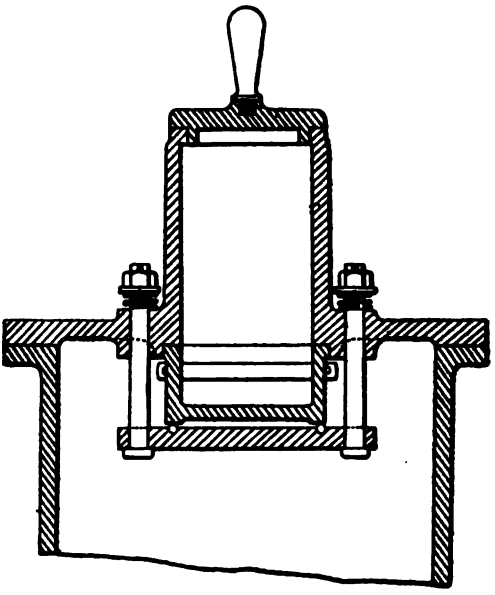


Fig. 89. — Trémie de chargement (Coupe en travers).

Fig. 90. — Plan du tiroir de la trémie.

La trémie de chargement est bien visible dans la figure 87; mais les figures 88, 89 et 90 en donnent le détail.

On voit, en haut, la trémie cylindrique qui sert au chargement. Elle est terminée, à sa partie supérieure, par un simple bouchon, qui ferme par son propre poids. En bas, elle est hermétiquement close par un tiroir, qui est appuyé sur la trémie par un plateau, figuré à part dans la figure 90, et

qui est retenu par deux boulons, ainsi qu'il est très visible dans la coupe transversale (*fig.* 89). Ce tiroir glisse sur des billes logées dans le plateau et, pour assurer encore l'étanchéité de la fermeture, il est maintenu à son extrémité par une cornière, boulonnée sur l'enveloppe, ainsi qu'il est visible dans la figure 88.

Ce tiroir est déplacé par le levier, qui oscille autour de l'axe et entraîne un bouton qui fait corps avec le tiroir.

A la suite du gazogène, est une chaudière qui se compose d'un réservoir d'eau vertical entre deux plaques 11 et 12, (*fig.* 87), qui sont elles-mêmes percées de trous et réunissent les tubes verticaux que traversent les gaz combustibles sortant du gazogène.

On voit, en 14 et 15, une calotte inférieure fermée par un bouchon qui permet de recueillir les poussières que le gaz aurait pu entraîner et qui se seraient détachées pendant la marche ascendante au travers des tubes. En 10, est une calotte supérieure, où les gaz se réunissent et s'en vont par la tubulure K au scrubber, ainsi que l'indique la figure 86, ou par la tubulure J à la cheminée quand le gazogène ne fonctionne pas. On voit encore, sur la figure 86, un siphon qui sert à l'alimentation d'eau de la chaudière et la conduite de vapeur N dans laquelle l'air se mélange en P pour aboutir par la conduite R au foyer.

Dans la porte du foyer, représentée sur la figure 86, on voit différentes ouvertures, ménagées tant pour pouvoir surveiller la combustion que pour pouvoir aider au décrassage de la grille. En M est représenté un ventilateur qui doit être entraîné à la main et sert à la mise en marche du gazogène.

On conçoit dès lors comment fonctionne l'appareil.

Soit qu'on ait à l'allumer ou à ranimer la combustion, s'il est resté la nuit en marche lente, on commence par faire fonctionner à la main le ventilateur, la cheminée étant ouverte. Quand le feu est ravivé, et qu'il est visible à une prise de gaz que celui-ci est convenable, l'on met le moteur en marche. Quand celui-ci a fait quelques tours et semble avoir atteint

son fonctionnement normal, on arrête le ventilateur et l'entraînement de l'air et de la vapeur provenant de la chaudière auxiliaire se fait automatiquement par l'aspiration du moteur.

Comme le gazogène est très resserré par en bas, le courant d'air y est très actif et la combustion très vive.

Il n'y a pas à craindre d'engorgement par le bas, puisqu'il n'y a pas de grille et que les cendres s'éboulent sur la sole du cendrier; il y a d'ailleurs peu de cendres avec les anthracites très purs que l'on doit employer dans ce gazogène et, s'il est à craindre qu'à haute température les scories attaquent la paroi, j'ai montré quelles précautions avaient été prises pour que la réparation soit très facile.

Les résultats obtenus par un emploi en très grand nombre des gazogènes Taylor avec des petits moteurs de toutes les marques, surtout les moteurs Charon, Niel, Crossley, Otto, et Tangye, ont montré qu'ils fonctionnaient excessivement bien. Cette invention semble avoir réalisé un grand progrès permettant l'emploi des gaz pauvres aux besoins de la petite industrie.

MM. Taylor et Cie ont cherché à utiliser les précieuses qualités de leur gazogène, qui permettait de faire des appareils de très petite puissance, et à l'employer à alimenter les moteurs à gaz pour la propulsion de tramways et des voitures d'automobiles.

Il est certain que la dépense de combustible est infiniment moindre en ce cas qu'avec les moteurs à pétrole et que l'avenir peut être dans cette voie.

Aujourd'hui on s'occupe peu de la dépense de combustible, parce que les frais d'entretien et de réparation d'une voiture sont beaucoup plus élevés, mais il faut prévoir que ce rapport se modifiera par la suite.

Le gazogène, que ces Messieurs ont fait breveter, est conçu dans les mêmes idées que leur premier appareil; celles-ci sont simplement exagérées.

Il est évident, dans cette application spéciale, que la pureté du combustible importe au premier chef. Aussi le

combustible choisi a-t-il été le charbon de bois qui donne peu de cendres, ne fournit pas de scories et ne contient aucun goudron.

Il suffit donc d'un simple lavage des gaz pour que ceux-ci puissent être employés.

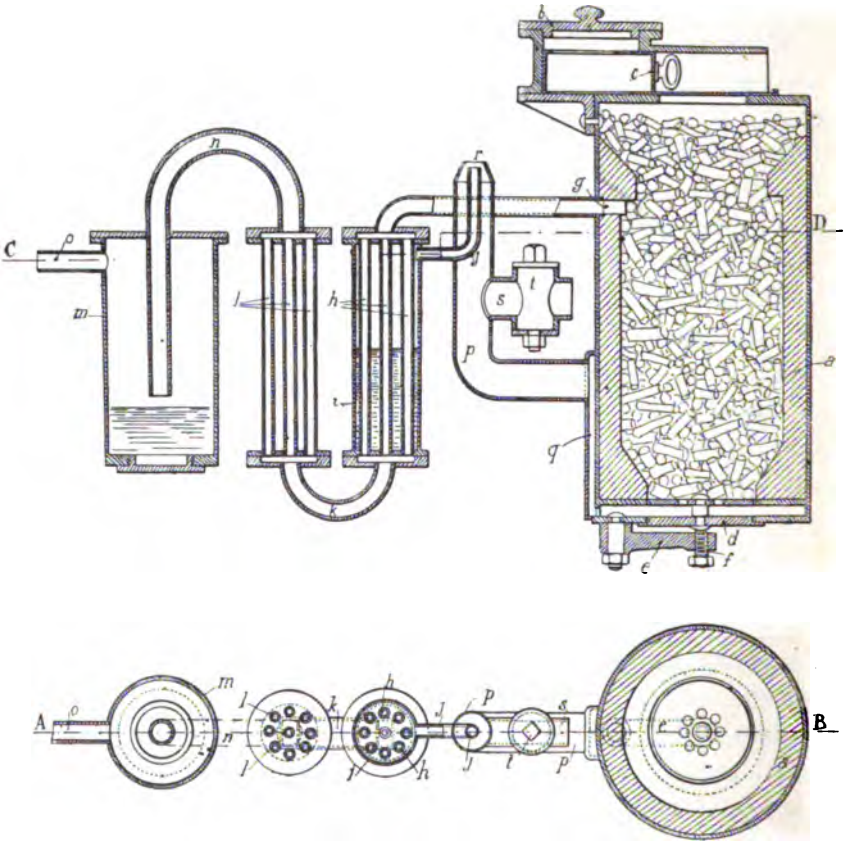


Fig. 91 et 92. — Gazogène Taylor et Cie pour automobiles (Vue en coupe et en plan).

On a cherché encore à simplifier la chaudière et à rendre aussi rudimentaire que possible le refroidissement des gaz.

Ici je crains que l'on n'éprouve quelques difficultés. Le charbon de bois, comme le coke, est bon conducteur de la chaleur. Il doit rougir dans toute la masse qui, nécessairement, est d'une faible hauteur, et les gaz doivent sortir très chauds.

L'appareil est représenté figures 91 et 92

Le gazogène est formé d'une enveloppe en fonte, garnie d'un revêtement réfractaire affectant à sa partie supérieure une forme de cône et s'élargissant, en *g*, là où la prise de gaz doit se faire. La trémie de chargement est analogue à celle du gazogène principal. Elle est seulement plus aplatie, pour être moins encombrante. Elle se ferme par un bouchon *b* et un tiroir *c*, mais celui-ci est au-dessus du gazogène, au lieu d'être dans la cuve. Enfin, le bas du gazogène se termine par une plaque percée de trous formant grille et réunie solidairement avec la porte de nettoyage *d*, qui est maintenue en place par une vis de pression *f*, au bout du bras de levier tournant *e*, qui permet une ouverture et une fermeture rapide. Entre la grille et la porte *d*, est maintenu un espace suffisant pour l'accès de l'air et de la vapeur, qui sont amenés au gazogène par la tubulure *p* et circulent, d'abord, autour de la cuve dans une chemise *u*.

Les gaz, après être sortis par la tubulure *g*, traversent de haut en bas, par des tubes droits, une chaudière analogue à celle du gazogène principal, où l'eau est maintenue autour des tubes *h*, ainsi qu'il est visible sur la coupe de la figure 7. Les gaz sont recueillis au bas de l'appareil par la tubulure *a* et traversent une autre série de tubes *l*, qui sont simplement refroidis par l'air. C'est cet appareil de refroidissement qui pourra être développé dans les voitures automobiles et rendu plus actif par le mouvement de la voiture.

Enfin les gaz aboutissent, par le tuyau *n*, dans le réservoir *m*, où ils viennent frapper une nappe d'eau et déposer les quelques cendres qu'ils pourraient encore contenir pour s'en aller ensuite, par la tubulure *o*, vers le moteur. Les secousses d'une voiture me semblent devoir rendre précaire l'utilité de ce laveur.

On voit encore, sur les figures 90 et 91, la tubulure *j*, par où s'échappe la vapeur. Il y a là un dispositif assez original. Cette vapeur s'échappe dans une sorte de tuyère *r*, qui sert à l'entrée de l'air, et le mouvement de ces deux fluides est en sens contraire l'un de l'autre, de façon que la vapeur n'ait au-

une tendance à rentrer dans le gazogène, où elle pourrait éteindre le feu quand il n'y a pas d'aspiration au moteur, tandis que, lorsqu'il y a aspiration, l'air chargé de vapeur à l'orifice *r* entraîne celle-ci avec lui.

On peut facilement régler la proportion d'air et de vapeur grâce à un autre tuyau de rentrée d'air *s*, qui vient se brancher sur le tuyau *e*, et qui est pourvu d'un robinet *t*. Ce mode de réglage est extrêmement ingénieux, et est d'ailleurs appliqué par MM. Taylor et Cie, dans leurs autres appareils. Il est bien certain qu'une forte proportion de la vapeur s'échappe en *r*, en pure perte. C'est une dépense inutile, il est vrai, mais qui offre le grand avantage de refroidir les gaz.

Je ne sais pas si les essais ont été faits d'une façon suffisamment longue pour être concluants au sujet de ce gazogène, mais il est certainement très remarquable et surtout des mieux compris dans les idées générales qui ont contribué à son établissement.

GAZOGÈNE INCHAUSPÉ

C'est un gazogène qui dérive nettement du gazogène de MM. Taylor et Cie.

Il diffère, par la disposition de la trémie de chargement, dont l'ouverture se règle par un cône renversé, au moyen d'un levier et d'une articulation.

Un regard en mica permet de surveiller la combustion. Il est fixé sur une pièce mobile qui peut, en s'ouvrant, donner accès à un ringard pour pousser le charbon et briser les voûtes.

A part différentes dispositions de détail, il y a encore à signaler une sole mobile, munie de dents et déplacée, de bas en haut, par un levier articulé au moyen d'une tige guidée dans le socle.

Les cendres s'étendent suivant leur pente naturelle, mais

sont maintenues extérieurement par les rebords de la sole comme dans les gazogènes américains.

Ce gazogène semble intéressant.

Il existe déjà, à Paris, un certain nombre de gazogènes Inchauspé et qui, paraît-il, fonctionnent bien.

GAZOGÈNE VIARMÉ

Ce gazogène est aussi très peu différent de celui de MM. Taylor et Cie.

Ce qui le caractérise d'une façon essentielle, c'est que l'inventeur a supprimé la chaudière.

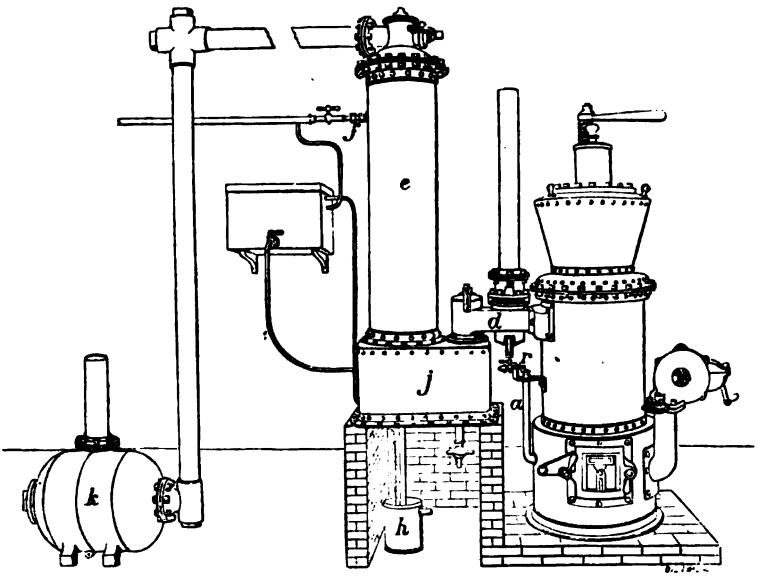


Fig. 93. — Gazogène Viarmé.

L'eau est envoyée, goutte à goutte, par un robinet *r* dans une conduite verticale *a*, et, de cette conduite, il aboutit dans une pièce creuse en fonte qui remplace la pièce en fonte

pleine qui, dans le gazogène Taylor, soutient les produits réfractaires de la chambre de combustion.

L'eau est ainsi vaporisée et se mélange à l'air au-dessous du foyer.

Le perfectionnement, outre la simplification de l'appareil, a cet autre bon résultat de protéger par la circulation d'eau et de vapeur la pièce qui soutient les produits réfractaires.

C'est, en effet, l'un des organes qui souffre le plus dans un gazogène Taylor, à cause de hautes températures auxquelles il est condamné.

Tel que l'appareil est représenté, on voit encore que la cuve est séparée dans son milieu, au-dessus de la conduite *d* qui entraîne les gaz combustibles, par un joint de boulons qui permet d'enlever la partie supérieure, qui contient la trémie de chargement, et de procéder ainsi, très facilement, aux remplacements des anneaux réfractaires quand ceux-ci ont trop souffert.

Pour faciliter encore cette opération, toute la partie réfractaire est enveloppée d'une chemise en tôle, que l'on peut enlever d'une seule pièce. Aussi cette transformation peut-elle se faire très rapidement.

On voit encore, en *e*, un scrubber, auquel l'eau est fournie par la conduite *f* et s'en va dans un joint hydraulique *j* pour aboutir, par un siphon, dans un seau de vidange que l'on voit en *h*.

Le gaz, ainsi refroidi et nettoyé, s'en va aux moteurs après avoir traversé un barillet *k* qui fait volant et adoucit les irrégularités de marche dues à l'action du moteur.

GAZOGÈNE HILLE

C'est encore un gazogène analogue, construit par la Motoren ùnd Motorfahrzeug-Fabrik de Dresden-Löbtau.

On voit, sur les figures 94 et 95, le gazogène dont la cuve est à

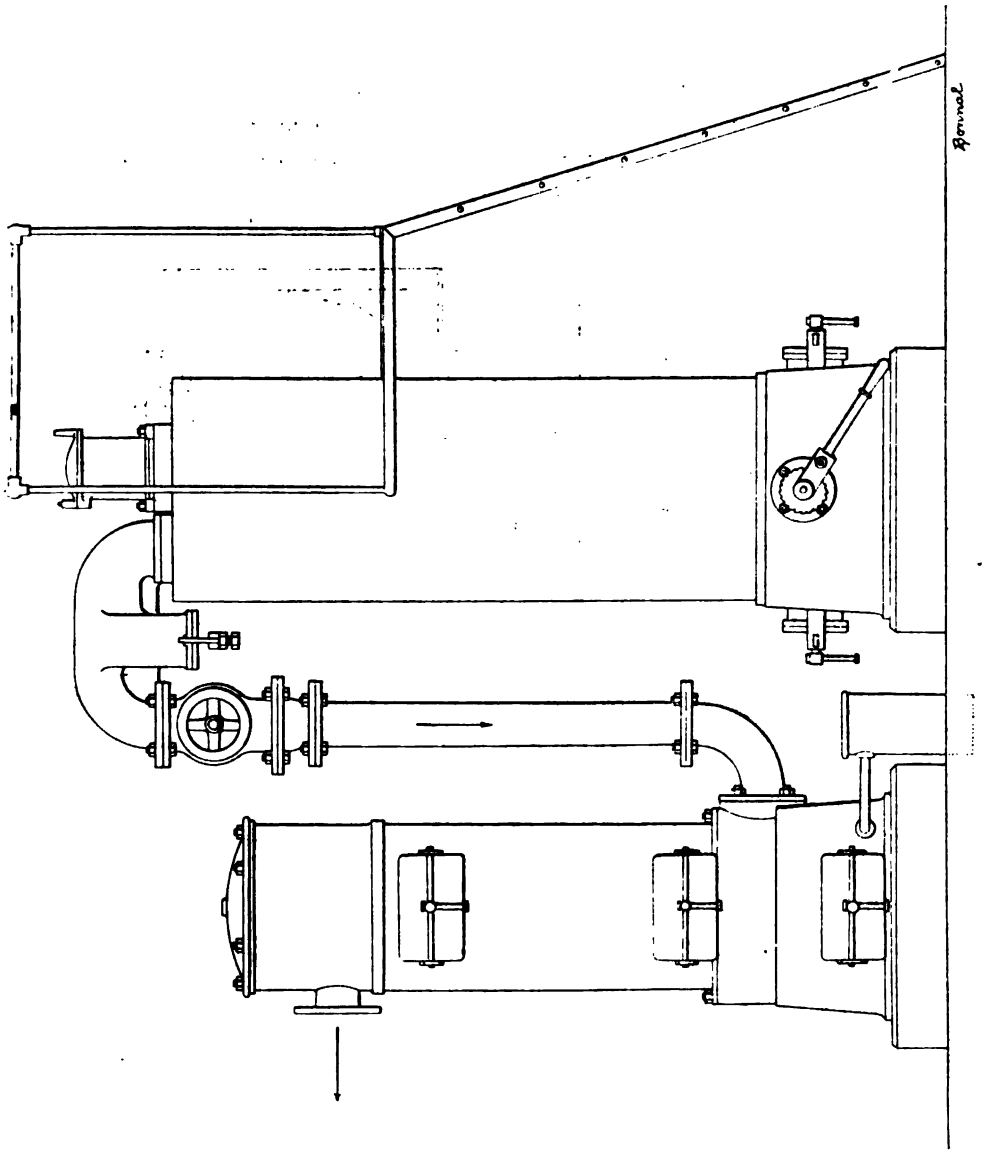


Fig. 94. — Gazogène Moritz Hille (Élévation).

droite et dont la grille est manœuvrée par un levier avec cré-

maillère et cliquet, visible sur la figure, ainsi que deux portes, nécessaires pour le décrassage.

Le gaz descend encore au-dessous d'un scrubber à plusieurs étages et, sur le trajet, est figuré un robinet à trois voies qui permet d'envoyer le gaz à la cheminée.

Je ne possède pas de renseignements bien particuliers sur cet appareil qui ne semble pas, d'ailleurs, se signaler par des dispositions bien originales.

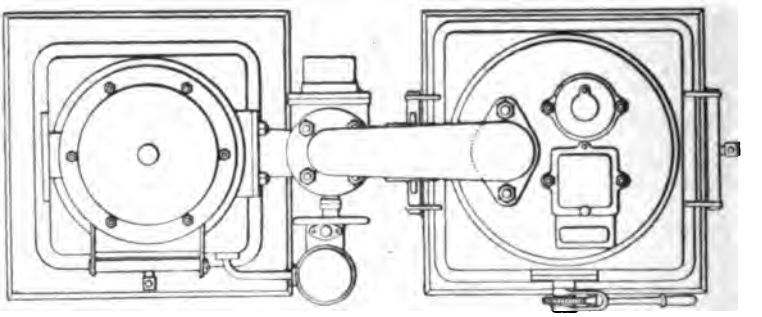


Fig. 95. — Gazogène Moritz Hille (Vue en plan).

La figure 96 montre l'ensemble d'une installation de gazogène et de moteurs à gaz.

Il y a encore d'autres gazogènes du même type. Je ne fais que le signaler. Les différences qu'ils présentent avec le type original, ont peu d'importance.

Enfin, j'ai gardé pour terminer la revue des gazogènes types Dowson, des appareils d'un très haut intérêt, les gazogènes récents de M. Lencauchez et le gazogène Genty, le curieux appareil de la Lindes Eis Machinen Gesellschaft, de Wiesbaden, et je signale, à la fin de ce chapitre, le remarquable gazogène Gardie qui se différencie sensiblement des précédents.

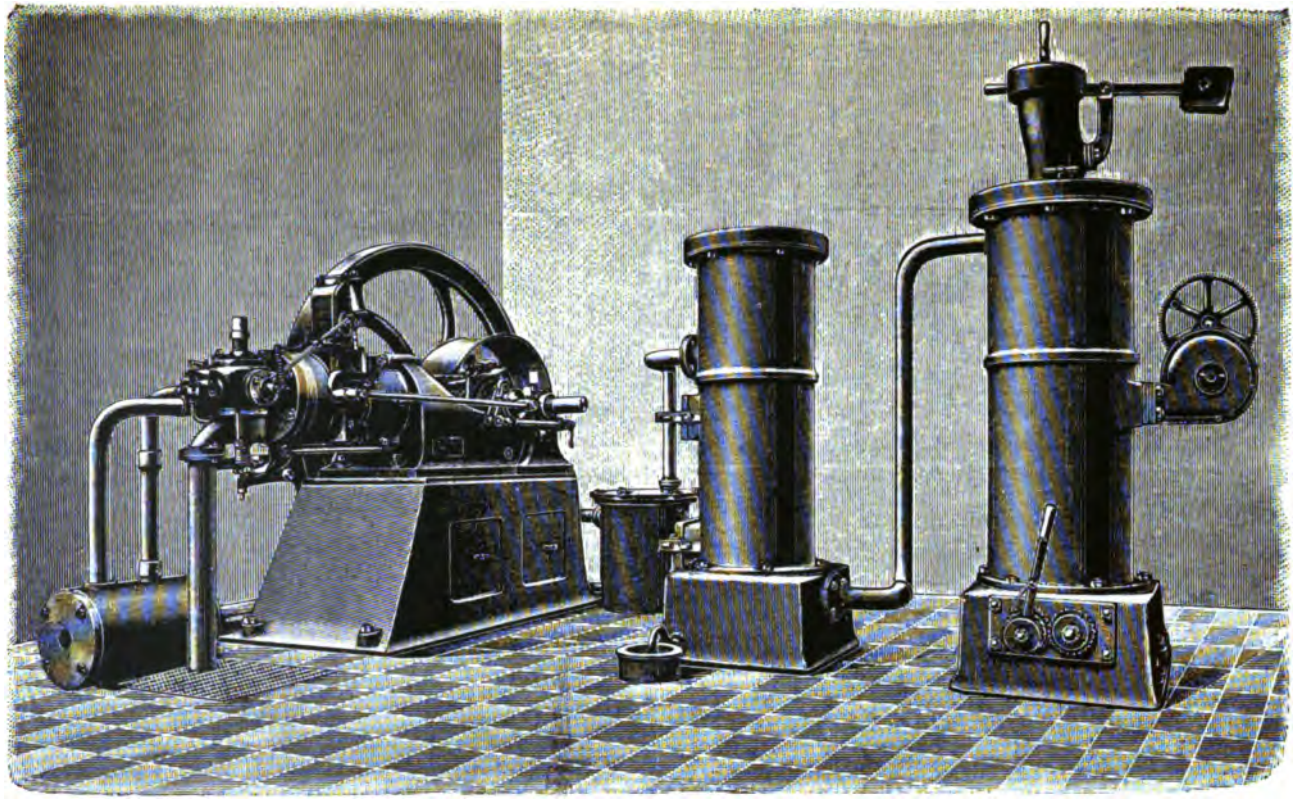


Fig. 96. — Ensemble de l'installation d'un gazogène Hille, avec moteur à gaz.

GAZOGÈNES LENCAUCHEZ

Je citerai de M. Lencauchez, qui a pris une infinité de brevets et a eu une grande variété d'idées heureuses, ses inventions les plus récentes.

Dans le gazogène représenté figures 97, 98 et 99, différentes dispositions nouvelles sont à remarquer.

L'une des plus saillantes est que M. Lencauchez fait une prise de gaz au centre même du gazogène, ce qui est excellent, parce que cela interdit au gaz de suivre les parois du gazogène et que la prise de gaz se fait assez bas, dans la masse du combustible, pour qu'elle ait lieu au-dessous de la zone de distillation du combustible. Ce sont là de très bonnes idées.

On voit, sur le dessin, la cuve formée par deux enveloppes, l'une en produit réfractaire, l'autre en briques, entourée de sable ou de cendre, le tout compris dans une chemise de tôle en trois anneaux.

La partie supérieure, légèrement évasée de haut en bas, et la partie où se fait la combustion, au contraire, allant en se rétrécissant du haut en bas jusqu'à la grille.

On voit, en e, la prise de gaz, en e_1, des tubulures soigneusement fermées par un bouchon permettant de visiter cet organe et le soutenant au sommet du gazogène. Enfin, en e_2 sont ménagées dans la paroi de très petites ouvertures, par où peuvent être entraînés en partie le gaz de distillation et la vapeur d'eau du combustible qui vient d'être chargé par la trémie supérieure. Celle-ci est fermée par un couvercle à vis et le combustible pénètre dans le gazogène quand le cône inférieur est abaissé.

Les gaz sortant de la conduite e s'en vont, par des tuyaux avec vannes à vis, soit aux appareils d'épuration, soit à la cheminée d'appel.

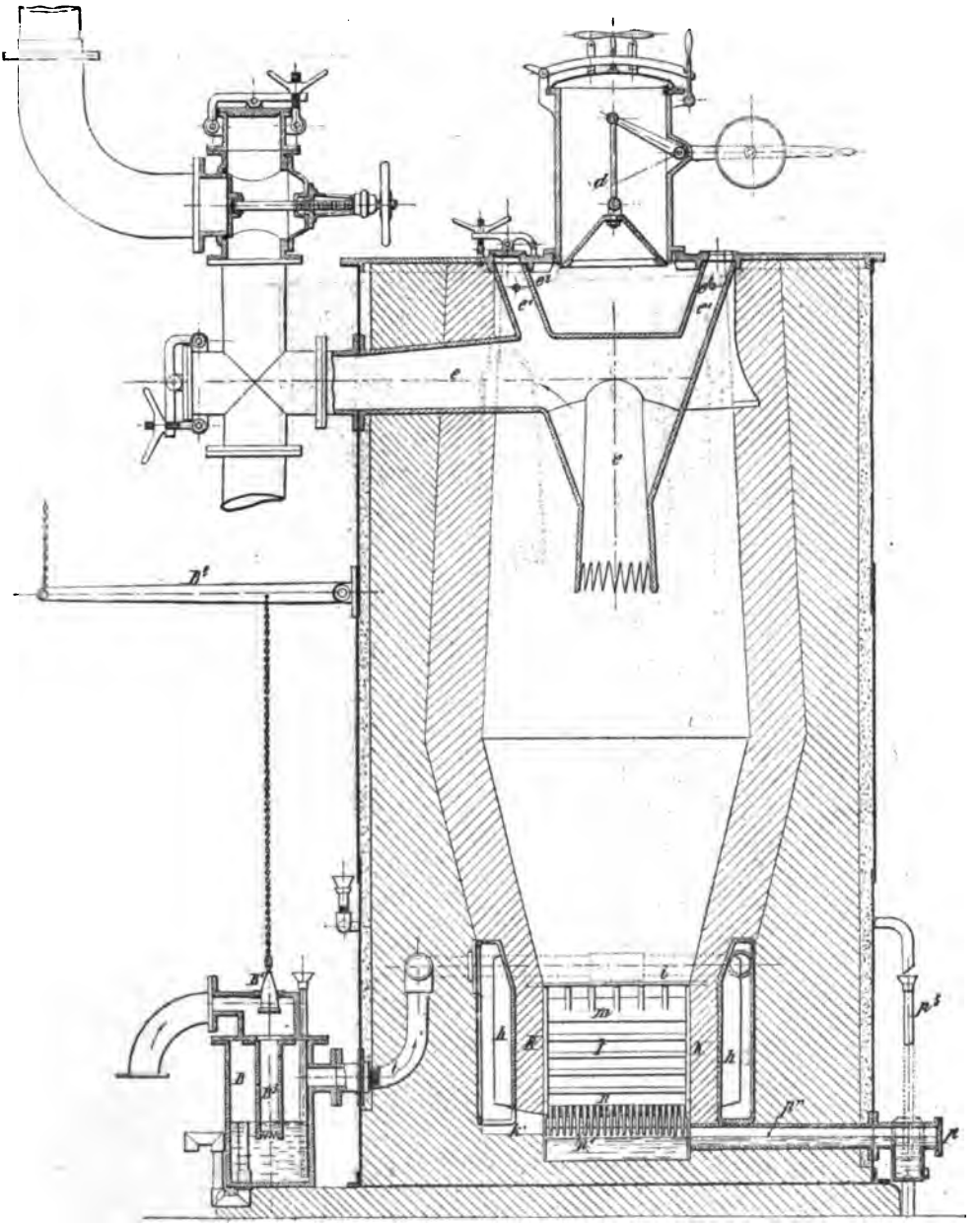


Fig. 97. — Gazogène Lencauchez (Coupe verticale).

On remarquera encore, dans la prise de gaz *e*, comme d'ailleurs dans toutes les conduites plongeantes, que prévoit

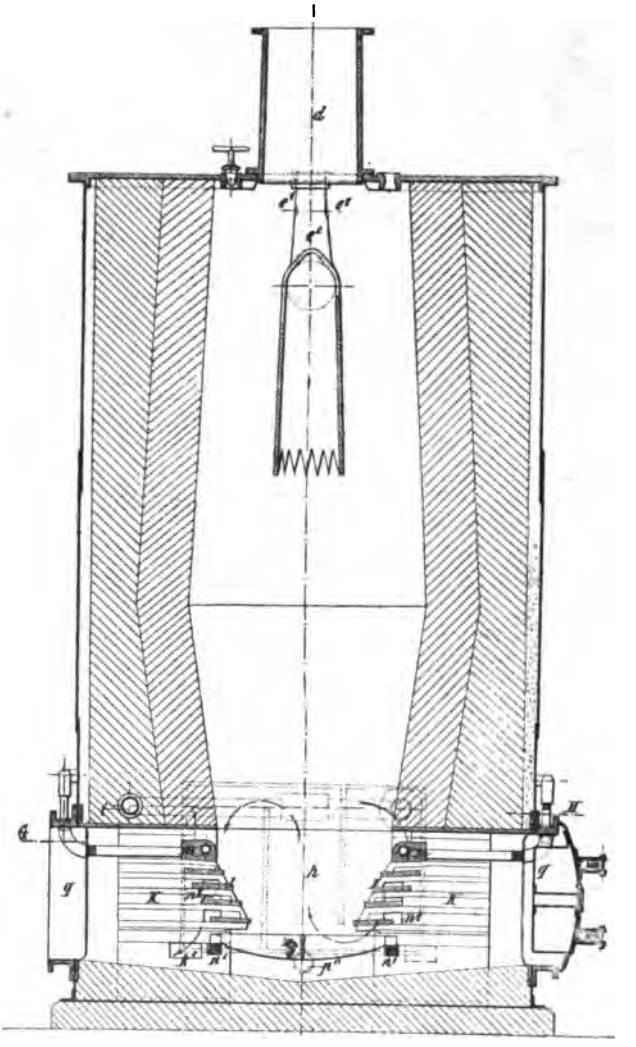


Fig. 98. — Gazogène Lencauchez (Coupe dans le sens de la grille).

M. Lencauchez pour l'enlèvement ou la distribution d'un gaz, une dentelure, qui a pour but d'empêcher les gaz de

passer par grosses bulles et de régulariser ainsi leur mouvement.

Dans ce gazogène, la grille est divisée en deux parties.

Elle se compose d'abord, de barreaux I formant étalage et dont le premier barreau *m* est creux et parcouru par une cir-

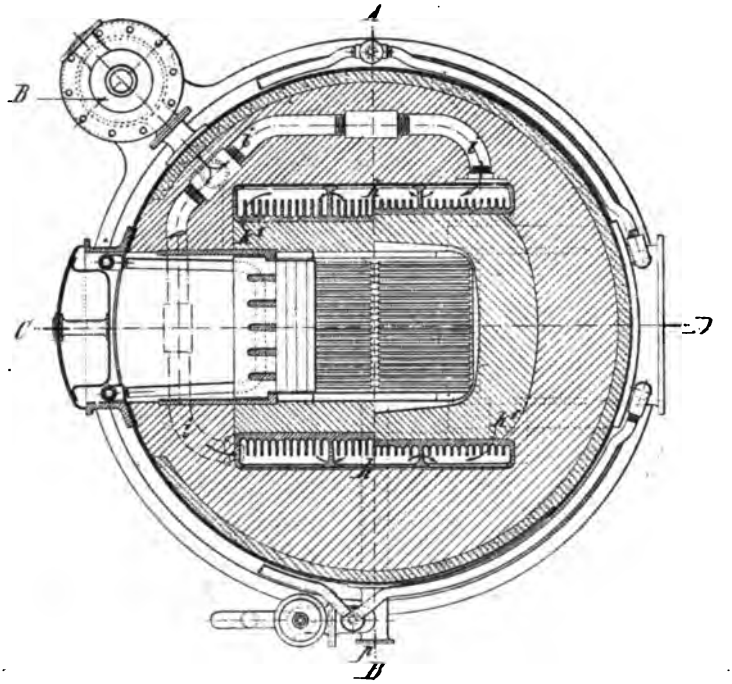


Fig. 99 — Gazogène Lencauchez (Coupe et vue en plan).

culation d'eau assez rapide, parce qu'il est particulièrement exposé à chauffer.

Cette première partie de la grille se trouve donc à gradins, et M. Lencauchez l'a disposée de façon que les barreaux soient appuyés sur des supports K, que l'on peut facilement atteindre en ouvrant l'une ou l'autre des portes opposées *q*.

Il est donc facile, pour le décrassage, de déplacer, de retirer, de remplacer ces barreaux et, d'ailleurs, on doit peu craindre qu'ils chauffent trop parce que l'air et la vapeur peuvent

facilement y aboutir et les refroidir en traversant entre eux.

Le combustible et les cendres reposent enfin, au bas de cet étalage, sur une grille plate composée de barreaux n, dont la queue plonge dans l'eau, de façon à éviter un trop grand échauffement et à fournir de la vapeur qui se mélange à l'air primaire.

Ces barreaux appuient par leurs extrémités sur des tiges en fer carrées n_1, qui sont logées dans des ouvertures ménagées dans les supports K.

Ces ouvertures n_2 sont multiples, ainsi qu'on le voit nettement dans la figure 98, et sont placées les unes au-dessus des autres, de façon que, si l'on veut employer un combustible moins cendreux, où l'appel d'air demande une surface moindre, on peut retrancher une, deux, ou trois rangées de barreaux I, remonter d'un rang correspondant les tiges n et placer la grille plate, ainsi, à un niveau plus élevé.

On voit encore, sur la figure, le dispositif d'arrivée d'eau p'' p, p_3, et le barillet B, où l'air arrive par côté, traverse une colonne descendante B_3, qui plonge légèrement dans l'eau et forme ainsi joint hydraulique.

L'air pénètre par la conduite i, va déboucher dans les deux chambres h, comprises entre les murs K et la maçonnerie.

Là, l'air s'échauffe avant de pénétrer dans le combustible au travers de la grille.

Pour qu'il s'échauffe mieux, ces chambres h sont garnies de pièces en fonte chauffées par conductibilité et installées en dents de peigne de façon à communiquer la chaleur à l'air par une très grande surface. Ceci est particulièrement visible sur la figure 99 qui représente une coupe à deux niveaux différents.

Lencauchez a modifié légèrement, depuis, la forme du foyer de ce gazogène. Les figures 100 et 101 en donnent le détail.

A part quelques petites modifications destinées à empêcher les barreaux d'être repoussés par le combustible, ce qui caractérise cette transformation est l'adjonction de deux plaques

mobiles *abcd*, *a' b' c' d'*. Celles-ci ont pour but d'obliger la plus grande partie de l'air et de la vapeur d'eau à passer sous la

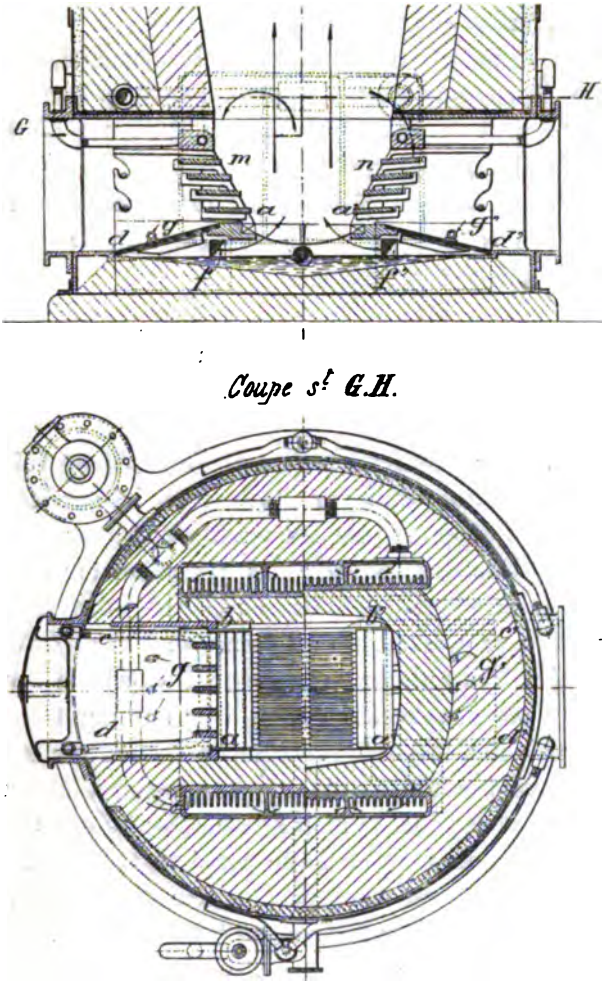


Fig. 100 et 101. — Gazogène Lencauchez : autre disposition du cendrier et des grilles.

grille plate, de façon à ce que le mâchefer se produise de préférence sur celle-ci et évite de se produire plus haut. On empêche ainsi, surtout avec les charbons à cendres un peu fusibles, les engorgements de se produire au haut des grilles

inclinées et le décrassage devient très facile, parce qu'il n'y a rien de plus simple que d'enlever quelques barreaux des grilles inclinées et de faire glisser avec un crochet les mâchefers qui sont étendus sur la grille plate.

On voit encore, dans ce dessin, la disposition de barres rondes qui peuvent servir à appuyer l'outil qui sert à déplacer les barreaux de grille et les portes *f*, *f'*, par où l'air et la vapeur aboutissent au cendrier.

Les plaques *abcd*, *a' b' c' d'*, sont naturellement mobiles et peuvent être saisies par les crochets *g*, *g'*, de façon à permettre de nettoyer le cendrier.

M. Lencauchez a imaginé encore une disposition de gazogène qui a certains points de contact avec les gazogènes américains.

Il a cherché notamment à obtenir l'arrivée de l'air et de la vapeur par le centre du foyer et à pouvoir laisser les charbons incandescents s'appuyer sur les cendres et les scories.

C'est la disposition générale des gazogènes américains Taylor. Mais le gazogène de M. Lencauchez s'en différencie essentiellement en ce que la cuve est terminée à sa partie inférieure par un joint hydraulique, qui permet d'enlever les crasses, au fur et à mesure de leur dépôt, avec une curette.

Les figures 102, 103 et 104 représentent deux coupes verticales et une coupe horizontale de ce gazogène, où l'on retrouve, pour le départ des gaz, la disposition essentielle du précédent. On voit, en J, un cône en fonte percé de trous *i*, légèrement inclinés de haut en bas, pour éviter l'encombrement des cendres et par lesquels parviennent l'air et la vapeur, ainsi qu'il est visible dans la figure 102. Le charbon s'appuie sur les crasses qui aboutissent aux deux bassins visibles dans la figure 103.

On voit encore deux plaques à trous *jj*, qui permettent d'enlever les mâchefers qui ne s'écouleraient pas convenablement dans les bassins et auxquels on peut atteindre par les portes *k*, *l*.

Ces plaques, qui jouent ici le rôle des grilles plates dans le gazogène précédent, ont, elles aussi, à leur origine, un barreau

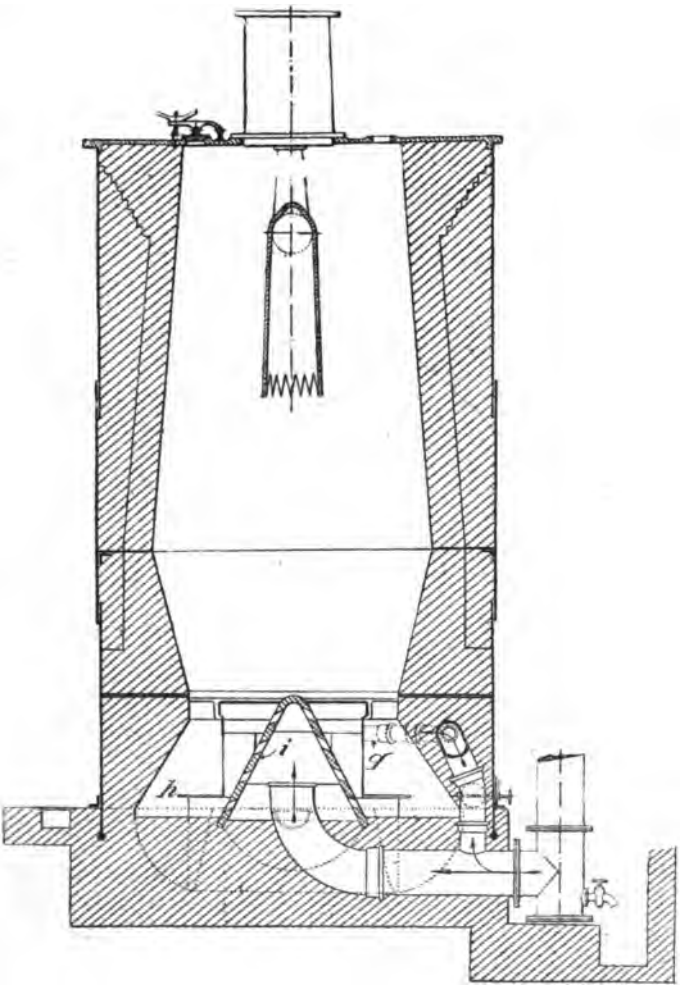


Fig. 102. — Gazogène Lencauchez à insufflation centrale (Coupe verticale).

refroidi par une circulation d'eau et une partie de l'air et de la vapeur est réservée pour aboutir en p, q, derrière ces plaques, afin de les refroidir et d'alimenter le gazogène.

Dans les figures 105, 106, 107 est représenté un gazogène qui a été exécuté par M. Lencauchez pour l'Exposition de 1900 et

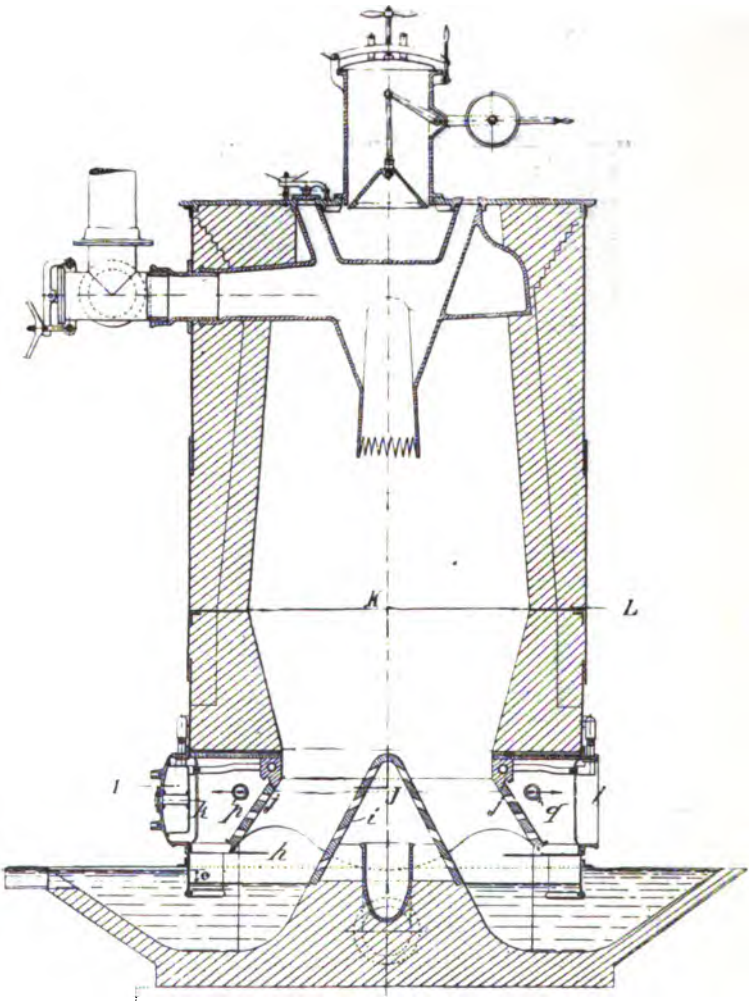


Fig. 103. — Gazogène Lencauchez (Coupe en travers).

dont la disposition est recherchée pour obtenir le maximum de simplification possible, ainsi qu'il convient pour les plus petites installations.

La prise d'air est encore centrale, mais moins compliquée que dans les gazogènes précédents. Le scrubber, ainsi qu'il est visible dans la figure 107, se compose de trois parties, l'une, dans laquelle devront se déposer les grosses poussières provenant du combustible entraîné, la seconde, où le gaz traverse du grésillon arrosé, se refroidit et se lave, et la troisième, où il se sèche, avant d'aller au moteur.

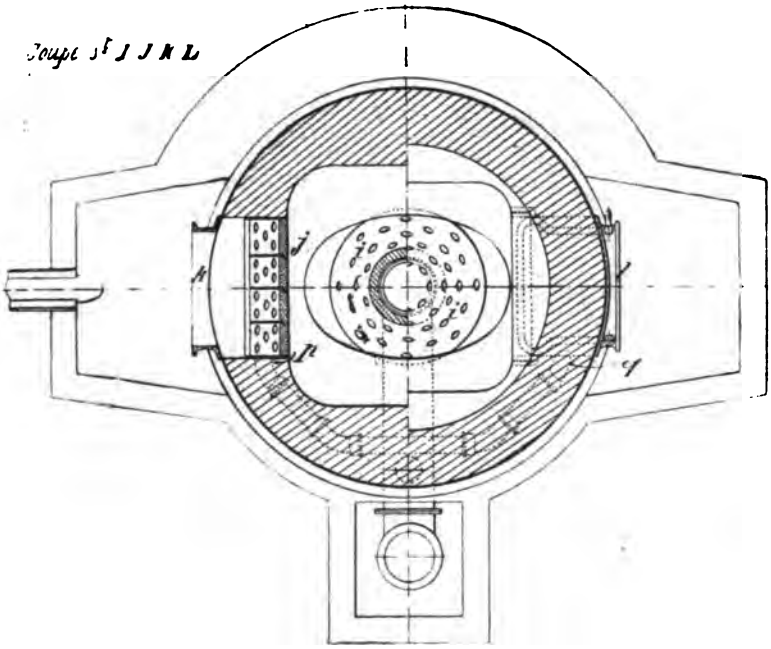


Fig. 104. — Gazogène Lencauchez (Coupe horizontale).

Un semblable gazogène peut fonctionner par la simple aspiration du moteur. Il ne nécessite donc pas de ventilateur. Ce qui est une première simplification de l'appareil. Une seconde simplification consiste à éviter l'emploi d'une chaudière.

Pour obtenir de la vapeur d'eau, M. Lencauchez dispose en *u*, *v*, ainsi qu'il est visible dans la figure 105, différentes coupes superposées, d'où l'eau amenée par un robinet tombe en cascade.

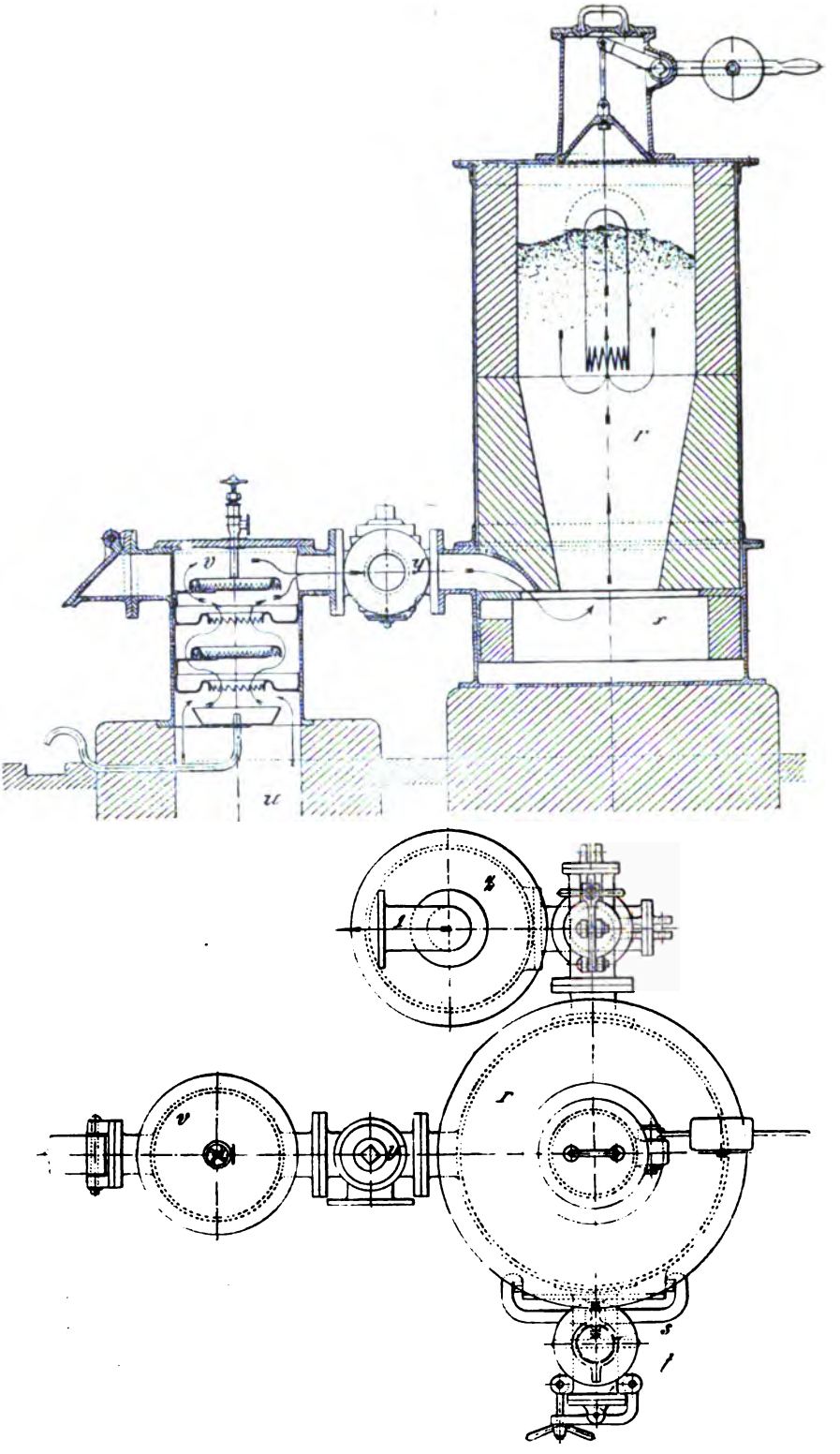


Fig. 105 et 106. — Gazogène Lencauchez à aspiration (Coupe verticale et plan).

L'air primaire qui se rend au gazogène traverse cet appareil en sens contraire de l'eau et se charge de vapeur d'autant mieux que cette eau est plus chaude. Aussi peut-il convenir

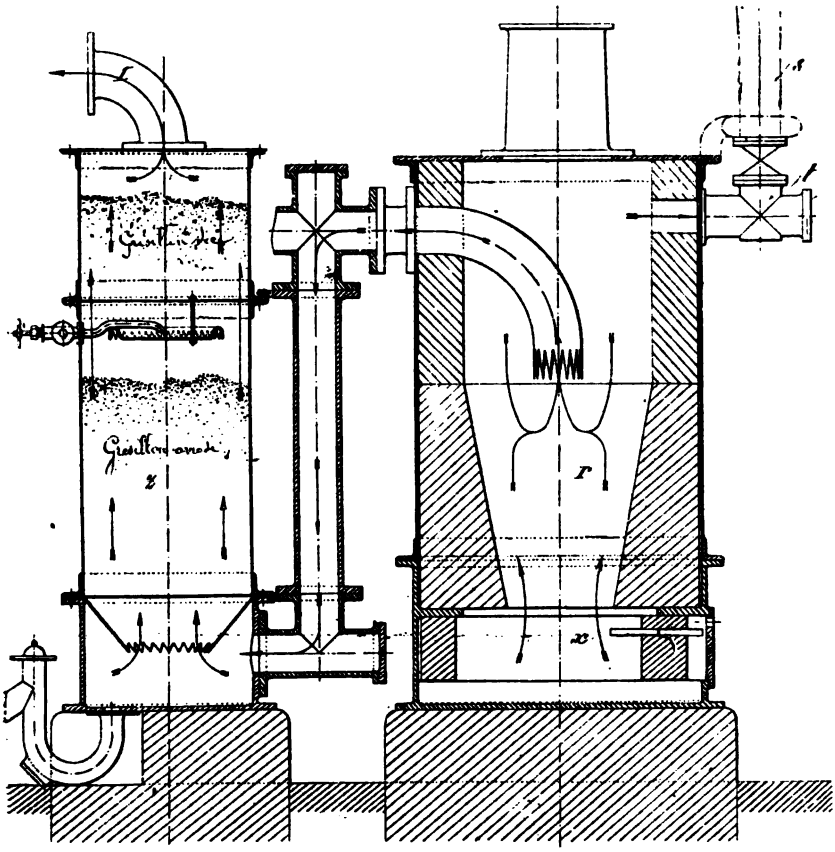


Fig. 107. — Gazogène Lencauchez avec épurateur.

pour les installations de moteurs à gaz d'employer l'eau qui a servi au refroidissement du cylindre.

GAZOGÈNE GENT

La figure 108 représente le gazogène Genty.

Le combustible est chargé, par une trémie avec cônes et contrepoids, au sommet de la cuve, qui est très haute.

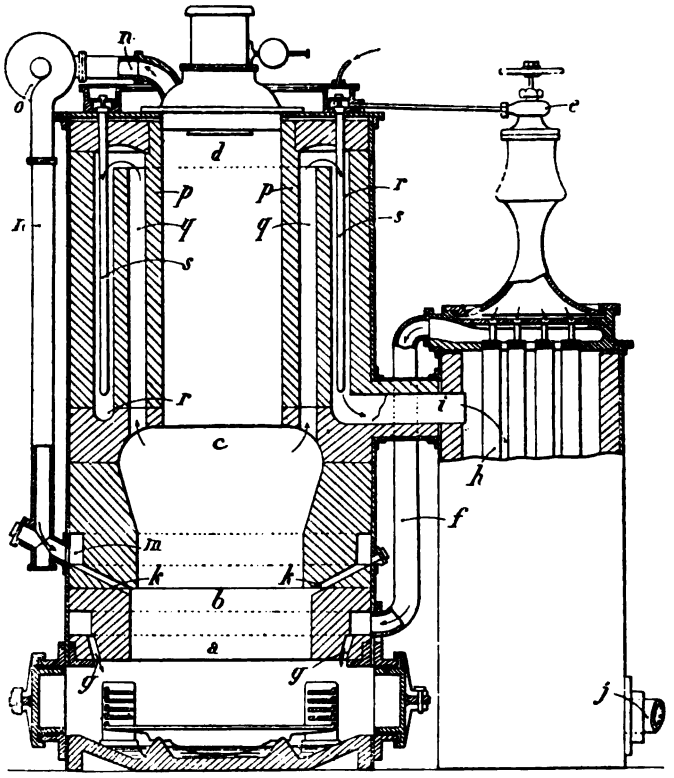


Fig. 108. — Gazogène Genty avec son récupérateur.

Il s'appuie, en bas, sur une grille à barreaux mobiles, qui peuvent être placés à différentes hauteurs, et dont la queue, fort longue, plonge dans l'eau du cendrier disposé à cet effet.

L'air pénètre, suivant des flèches, par les orifices *g*, qui

mettent en communication le bas du gazogène avec une chambre annulaire réservée dans la maçonnerie réfractaire, et où vient aboutir, par la tubulure *f*, l'air chaud mélangé de vapeur, provenant du récupérateur représenté à droite de la figure.

Ce second appareil est assez intéressant.

Il se compose essentiellement de tubes pendentifs, autour desquels circulent les gaz chauds sortant du gazogène, et dans l'intérieur desquels l'air et la vapeur sont introduits par un tube intérieur.

On voit, en *e*, l'arrivée de vapeur sous pression dans un injecteur réglé par une vis à volant.

Le mélange d'air et de vapeur est entraîné, suivant les flèches dessinées sur la figure, il descend dans les petits tubes pour remonter par l'espace annulaire des tubes pendentifs et aboutir à un collecteur supérieur, communiquant avec la conduite *f*.

La cuve du gazogène est divisée en une série d'étages, où le combustible est soumis à des influences différentes.

Dans le cendrier et au-dessus de celui-ci, dans la zone *ab*, la combustion se produit sous l'influence de l'air chaud, de la vapeur surchauffée qui l'entraîne et de celle provenant du cendrier.

Le combustible est ainsi porté à haute température.

A l'étage *b*, une réduction de diamètre est ménagée pour faciliter l'arrivée des conduits *k* qui communiquent avec une chambre annulaire *m*.

Par ces conduits, pénètrent les gaz de la distillation, comme je le dirai plus loin.

Ils se trouvent ainsi amenés dans des combustibles à haute température et sont entraînés avec les gaz de la combustion.

Aussi, suivant M. Genty, la zone suivante *bc*, où la cuve va en s'élargissant, est celle où se produisent les phénomènes de transformation, tant de l'acide carbonique que des produits de distillation.

Le gaz doit donc s'en aller, suivant les flèches, par la chambre

qq, qui entoure le dernier étage *cd* de la cuve, sorte de réservoir très élevé, où le combustible devrait se dessécher et distiller progressivement en descendant.

Les gaz, après être montés dans la chambre *qq*, redescendent dans la chambre *rr*, qui enveloppe la première.

Là, ils échauffent une série de tubes pendentifs analogues à ceux du récupérateur et que la vapeur traverse d'abord, de haut en bas, par un tube central, et ensuite, de bas en haut, autour de celui-ci

On voit, sur la figure, au-dessus du gazogène, la chambre annulaire en fonte, en deux compartiments, où pénètre la vapeur et où elle se réunit, ensuite, pour être conduite sous pression à l'injecteur *e*.

Ces appareils ne sont que des surchauffeurs auxquels la vapeur est fournie, sous pression par une chaudière extérieure.

A la suite de la chambre *rr*, les gaz se réunissent dans le collecteur *i*, après s'être refroidis une première fois au bénéfice du charbon qui distille, une seconde fois, au profit de la vapeur qui se surchauffe. Ils viennent utiliser ce qui leur reste de chaleur dans le récupérateur d'où ils sont évacués en *j*.

L'appareil est complété par une tubulure *nn*, qui part du haut du gazogène, autour de la trémie, aspire les gaz produits par la distillation qui se fait dans la zone *cd* et les refoule par les conduits *k* dans la partie rouge du combustible, grâce à un exhausteur *o* ou un injecteur placé sur le trajet.

Ce gazogène est fort intéressant.

M. Genty y a exposé l'idée de régler artificiellement les mouvements du gaz dans le gazogène et d'empêcher les carbures de la distillation, ainsi que la vapeur d'eau, d'aller se joindre au gaz sortant du gazogène, sans être, au préalable, transformés dans la partie chaude du combustible.

C'est l'idée poursuivie dans les gazogènes à barrage. Mais le barrage peut être insuffisant, et il conviendrait souvent mieux de trouver un autre procédé.

Dans un gazogène type Siemens à cuve et grille inclinées,

on a, je crois, songé à renvoyer sous la grille les gaz de distillation.

J'ai montré, dans le chapitre précédent, que, déjà, M. Lencauchez, dont on retrouve toujours le nom à l'origine des progrès des gazogènes, avait songé à conduire les produits de la distillation, par un canal extérieur à la zone de la combustion.

Le but poursuivi n'était pas tout à fait identique et je ne crois pas que M. Lencauchez ait indiqué d'ajouter un exhausteur pour faciliter le courant.

Il s'agissait de combustibles chargés d'humidité, et ce que recherchait surtout M. Lencauchez était de pouvoir condenser une partie de la vapeur d'eau et l'éliminer ainsi pendant le trajet.

M. Genty se réserve d'une façon semblable de pouvoir interrompre le parcours des gaz de distillation dans la conduite *n*, de façon à condenser dans des épurateurs les sous-produits qui ont de la valeur, et notamment le sulfate d'ammoniaque, avant de brûler les résidus.

Si l'idée principale qui a fait imaginer ce gazogène est fort heureuse, je crains qu'à l'exécution de grandes difficultés ne se révèlent.

Je regrette de n'avoir pu être renseigné sur les essais qui se font sur ce gazogène, mais cependant on peut prévoir quelques inconvénients essentiels.

D'abord, je crains que, lorsque les carbures de la distillation pénétreront par les conduites *k*, qui sont nécessairement à haute température, il n'y ait décomposition et que le carbone se dépose et obstrue ces conduits.

N'est-il pas à craindre, de même, que le mouvement en S des gaz autour de la chambre de distillation n'entraîne du combustible pulvérulent et ne remplisse rapidement ces chambres annulaires, qui doivent nécessairement avoir peu d'épaisseur et dont l'accès me semble très difficile, sinon impossible.

L'allure de l'exhausteur ne doit pas être non plus bien facile à régler.

Mais ceci est un petit détail.

Ce qui me semble plus sérieux, c'est le calcul que fait M. Genty de réchauffer et distiller les combustibles par la chaleur des gaz sortants.

Je crois cette chaleur tout à fait insuffisante et capable, tout au plus, de sécher le combustible.

Le gaz ne peut pas séjourner longtemps dans la chambre annulaire, et les parois ne peuvent pas être très minces parce qu'elles deviendraient trop fragiles, la quantité de chaleur qui les traverse ne peut donc être que fort réduite. En outre, le combustible est très mauvais conducteur, il s'échauffera seulement auprès des parois.

C'est, je crois, plutôt par le contact, en *c*, du charbon rouge que la distillation se produira et je ne serais pas étonné que M. Genty soit amené à simplifier son gazogène et à supprimer les chambres *q*, *r*, ainsi que les tubes pendentifs *s*.

Ceci donnerait plus d'importance à son récupérateur, qui est fort intéressant, surtout parce que les pièces en sont à l'abri des influences de la dilatation, ce qui est la grande difficulté dans la construction d'un récupérateur.

On trouvera une grande analogie dans la disposition de cet appareil et celle de la chaudière avec surchauffeur d'air et de vapeur de M. Lencauchez, que je signale plus loin.

Ce qui est remarquable dans le gazogène de M. Genty, c'est l'idée de l'ensemble, la conception générale. Les essais donneront peut-être tort aux critiques que je me suis permises précisément parce que l'appareil me semblait d'un grand intérêt et, par là même, appelait la discussion.

NOUVEAU GAZOGÈNE GENTY

M. Genty a pris les brevets d'un second gazogène, très analogue au premier, mais qui semble ne pas présenter les mêmes défauts.

Cet appareil est représenté aux figures 109, 110, 111, 112, 113, 114, et j'emprunte la description presque textuellement, au brevet déposé par M. Genty.

La figure 109 est une vue d'ensemble, avec coupes partielles du gazogène et de ses accessoires.

La figure 110 est une vue, à plus grande échelle, de l'aspirateur.

La figure 111, une vue également agrandie du doseur automatique de vapeur.

Les figures 113 et 114 montrent, en élévation et plan, l'appareil de chargement.

Le gazogène proprement dit comprend deux parties dont les fonctions sont distinctes. A la partie inférieure, se trouvent le foyer *a*, la cuve *b*. A la partie supérieure, est une cornue de distillation *c*, chauffée au moyen des chaleurs perdues. Le foyer *a* est composé d'un talus d'éboulement et d'une grille annulaire formée de segments articulés *d*, retenant le combustible pour l'empêcher de s'étaler sur une trop grande surface. Dans la capacité enveloppant le talus d'éboulement arrive l'air chaud, chargé de vapeur qui vient d'un récupérateur. Au dessus est la zone de combustion. Au niveau, où la température est maxima, débouchent les tuyères *e*, amenant dans la zone chaude les produits de distillation puisés au sommet de la cornue *c*, comme indiquent les flèches. Au-dessus de la zone chaude s'effectue la fabrication du gaz. Plus haut, on rencontre la zone dans laquelle le combustible s'échauffe seulement au moyen des chaleurs perdues. Cette zone et toute la partie supérieure de l'appareil sont enveloppées d'une chaudière annulaire *f*, destinée à capter les calories qui ont traversé les parois. Le gaz produit circule dans la partie haute *g*, autour de la cornue de distillation *c* et vient enfin sortir, par le tuyau *h*, pour se rendre au récupérateur.

La cornue de distillation aboutit, en haut du gazogène, à l'appareil de chargement, muni d'un clapet inférieur et d'une fermeture supérieure.

Le ventilateur *i* soutire une partie du gaz produit qui en-

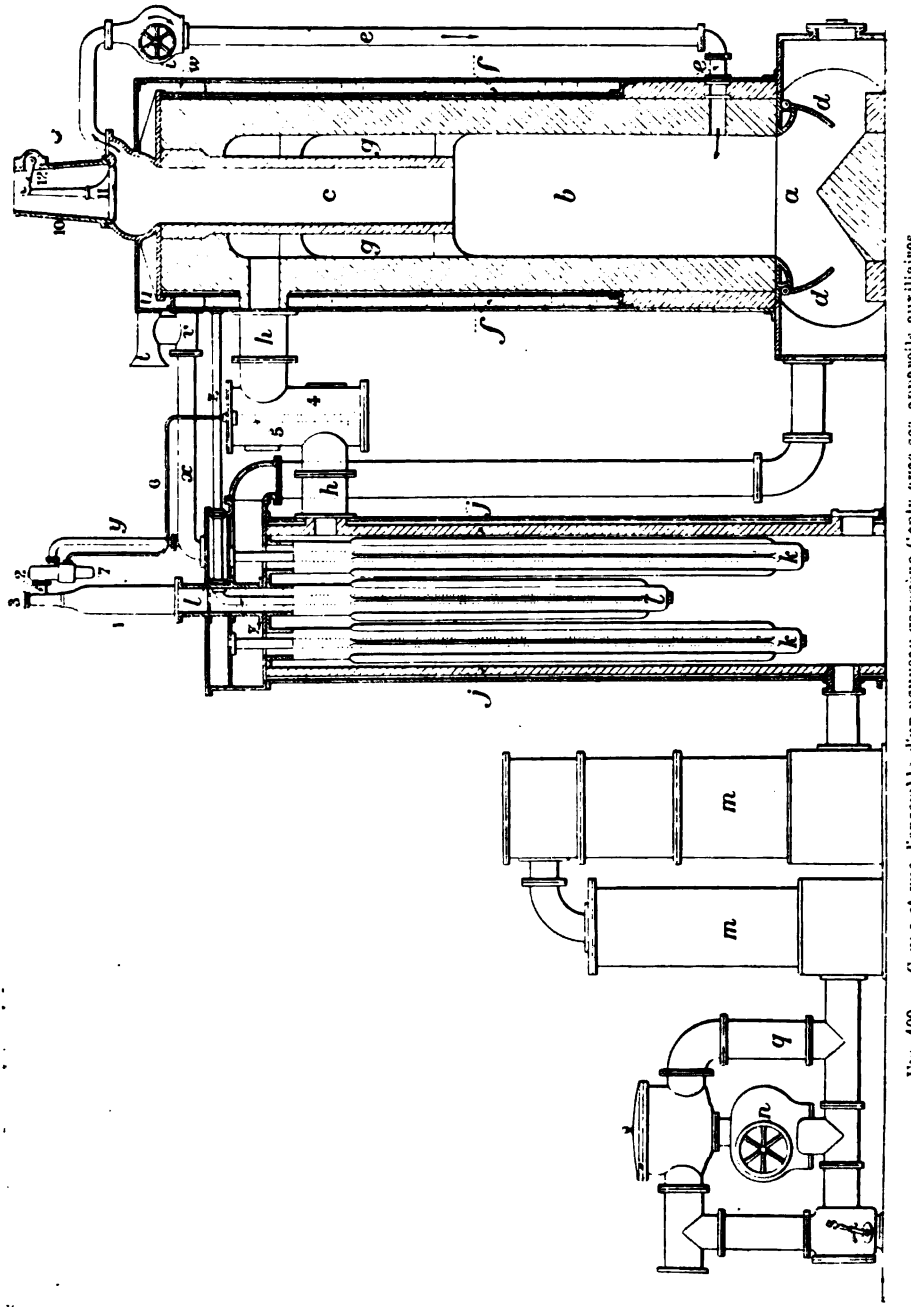


Fig. 109. — Coupe et vue d'ensemble d'un nouveau gazogène Gentz avec ses appareils auxiliaires.

traîne les produits volatils, la vapeur d'eau, les goudrons qui seraient impropres à la marche des appareils d'utilisation, et les ramène, par la tuyère *e*, dans la partie la plus chaude du foyer. Les goudrons se décomposent, donnent un dépôt de charbon qui va brûler dans le foyer. La vapeur d'eau et autres matières gazeuses se réunissent au courant produit par le fonctionnement du gazogène et subissent une réduction sous l'influence du charbon au rouge. Cette réduction ne laisse, en fin de compte, subsister que les produits gazeux stables qui sortent du sommet de la cuve *b* par le carneau annulaire *g* et peuvent être employés dans un moteur avec sécurité, en supprimant toute chance d'encrassement des organes.

Dans le conduit *h*, par lequel les gaz rentrent au récupérateur, est placé un appareil de régulation. Les gaz chauds provenant du gazogène pénètrent à la partie supérieure du récupérateur, constitué par une enveloppe *j* dans laquelle sont plongés des tubes à ailettes *k* destinés au chauffage de l'air qui se rend dans le foyer.

Outre ce chauffage de l'air alimentant le foyer, le récupérateur emploie encore la chaleur du gaz à vaporiser de l'eau, destinée à fournir la vapeur nécessaire au fonctionnement du gazogène dans un tube *l* formant chaudière.

A la sortie du récupérateur, les gaz d'utilisation se rendent dans une série de cylindres verticaux *m*, *m*, renfermant du coke mouillé ou sec, ou divers produits chimiques destinés à l'épuration, appropriés aux emplois du gaz et à la nature du combustible employé.

Enfin le gaz arrive au système d'aspiration (*fig.* 110) constitué par le ventilateur *n* du genre dit « volumogène », fournissant un même volume par seconde, sous l'action d'un mécanisme moteur spécial. Comme les appareils d'utilisation emploient un volume variable de gaz, il faut que la quantité de gaz fournie en trop par le ventilateur puisse revenir dans la canalisation, de telle sorte que la soufflerie ne tire du gazogène que le volume nécessaire. A cet effet, la soufflerie est surmontée d'un clapet équilibré *o*, soutenu par une grande membrane

p chargée de poids convenables déterminés d'après la pression que l'on veut maintenir, dans la canalisation qui mène aux appareils d'utilisation du gazogène. Lorsque cette utilisation est réduite, la pression tend à s'élever et soulève la membrane, le gaz revient en arrière par le conduit q, situé à droite de la soufflerie. Le fluide revient indéfiniment sur lui-même sans sortir au dehors. En définitive, le débit du gazogène corres-

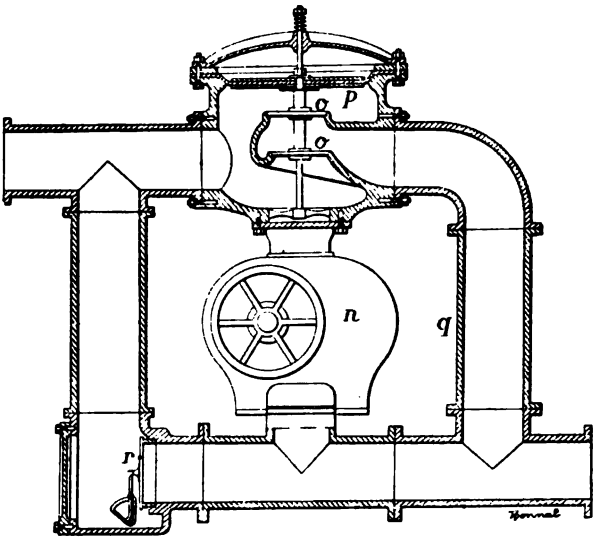


Fig. 110. — Coupe de l'aspirateur volumogène.

pond rigoureusement à la consommation des appareils récepteurs.

Pour le cas où le ventilateur n viendrait à s'arrêter, on a prévu, à gauche de cet appareil, un clapet automatique r, qui s'ouvrirait sous l'action de l'aspiration du moteur principal associé au gazogène. Si le ventilateur n s'arrête, la canalisation se trouve obstruée complètement par les ailettes constituant cet appareil. Il se produit alors un vide dans le canal, entre la soufflerie et le moteur principal alimenté. Ce vide provoque aussitôt l'ouverture et le basculement du clapet r et le gazogène fonctionne alors incidemment par l'aspiration directe du moteur.

On peut s'assurer, en marche normale, du bon fonctionnement de ce clapet qui se manœuvre, si l'on veut, de l'extérieur par une manette *s*.

La vapeur d'eau est fournie par deux sources : la chaudière *l*, au centre du récupérateur ; la chaudière *f*, enveloppant la cuve *b* et la cornue *c* du gazogène.

Il reste à expliquer comment se forme le mélange de vapeur et d'air envoyé au gazogène. L'air aspiré par le ventilateur *n*

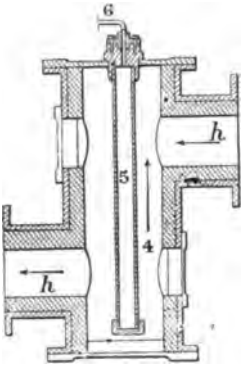


Fig. 111. — Robinet de réglage automatique.

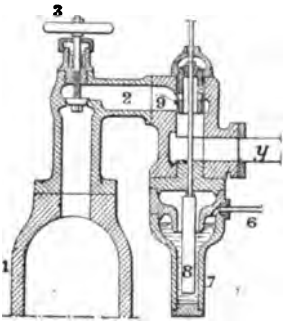


Fig. 112. — Sortie des gaz.

pénètre, par un tube *t*, au sommet du gazogène ; puis il se répartit dans la chambre *u*, séparée de la chaudière *f* par une paroi *v* percée d'une ouverture *u* diamétralement opposée à l'orifice du tube *t*. Ce dispositif oblige l'air à lécher le plan d'eau de la chaudière *f* et à se charger d'humidité avant de se rendre au récupérateur par le tuyau *x*, où il reçoit, par le tuyau *y*, l'appoint de vapeur fourni par la chaudière *l*. La nécessité de cet appoint s'impose, car la vapeur produite en *f* est insuffisante.

Les chaudières *f* et *l* sont reliées par le tuyau *z* (*fig.* 109) qui établit entre elles une communication. La vapeur produite en *l* se rend dans la chambre 1 qui constitue la partie supérieure de *l* et de là dans la tubulure 2 qui l'amène en *y*.

La sortie de 1 en *y* est réglée à la main par un robinet 3 (*fig.* 111). Quant au régulateur automatique, il est constitué de la manière suivante :

Dans une chambre 4 du tuyau *h* (*fig.* 112) se trouve un tube 5, plein d'air. Ce tube 5 communique, par une tubulure 6, avec un petit récipient 7 contenant du mercure. Dans ce bain de mercure plonge un flotteur en fer, dont la tige commande un cylindre 9, percé de fenêtres, qui laissent, entre 2 et *y*, une communication, variable avec les mouvements du flotteur. Quant au fonctionnement du dispositif, il résulte des dilatations de l'air

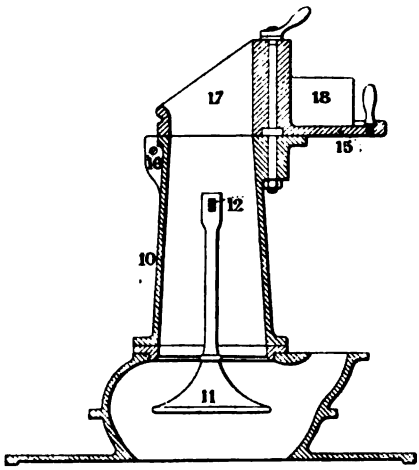


Fig. 113. — Trémie de chargement.

contenu dans le tube 5. Cet air exerce sa pression sur le niveau du mercure, en 7, et agit sur le flotteur. Si la température du gaz d'utilisation sortant par *h* s'élève, c'est que la combustion est trop active dans le foyer. L'air du tube *h* se dilate, le flotteur 8 se soulève et la quantité de vapeur fournie par 1 augmente.

Si, au contraire, la température des gaz sortants diminue, c'est qu'il y a excès de vapeur, et les mouvements inverses du système réduisent la proportion de vapeur. Ces variations de la proportion de vapeur permettent de maintenir le foyer à une température aussi constante que possible, et qui correspond à la bonne marche. Ce dispositif joue donc le rôle d'un chauffeur toujours vigilant.

Quand l'appoint de vapeur emprunté à la chaudière 1 diminue, la vapeur s'accumule au haut de cette chaudière et refoule, par le tuyau *z*, une partie de l'eau dont le niveau s'abaisse. Il s'ensuit que la régulation est complétée par ce fait que la surface en contact de l'eau, dans la chaudière 1, varie elle-même suivant le débit que cette chaudière doit produire. Si ce débit devient très faible, la vapeur envoyée sera surchauffée par la partie de la surface de chauffe soustraite au contact de l'eau.

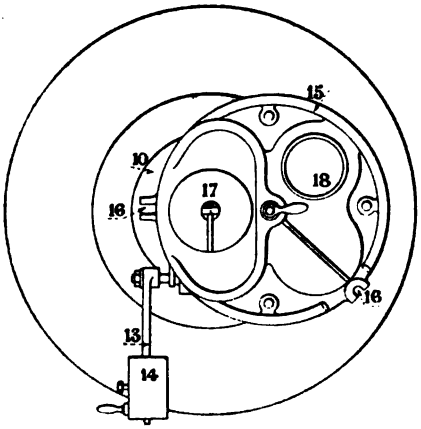


Fig. 114. — Vue en plan de la trémie de chargement.

L'appareil de chargement (*fig.* 109, 113 et 114) se compose d'une capacité cônique 10, fermée à sa partie inférieure par un clapet 11 qui est porté par une biellette 12 et un levier 13, muni d'un contrepoids 14. La partie supérieure de l'appareil de chargement est fermée au moyen d'un plateau 15 à trois usages (*fig.* 114).

Dans une position, ce plateau sert simplement d'obturateur, et il est fixé dans cette position au moyen d'un écrou à bascule M et d'une poignée manœuvrant cet écrou. Dans la deuxième position, il amène au-dessus de l'orifice un grand entonnoir 17 facilitant le chargement du combustible. Enfin, dans la troisième position, il amène au-dessus de l'orifice un élément de tuyau cylindrique 18 sur lequel on peut placer un

tuyau de poêle pour permettre à l'appareil de fonctionner en veilleuse pendant les temps d'arrêt du moteur. On ouvre dans ce cas le clapet 11, et l'appareil fonctionne alors comme un poêle.

Ce gazogène me semble excessivement remarquable, je fais seulement deux critiques.

Je crois qu'il serait avantageux que la tuyauterie *e*, amenant les produits de la distillation, aboutisse sous la grille *d*, de façon à ce que les produits de distillation brûlent. Il ne faut pas espérer les réduire directement, dans une colonne de réduction, il faut chercher, au contraire, à les brûler et à réduire les produits de leur combustion.

Ceci est, à mon avis, très important pour la bonne marche de l'appareil.

D'un autre côté, la chaudière *f* me semble constituer une complication bien inutile.

Je serais très heureux de faire connaître, dans des éditions futures, la bonne marche de cet appareil, sur lequel je n'ai pu obtenir aucun renseignement.

GAZOGÈNE DE LA LINDES EIS MASCHINEN GESELLSCHAFT

Ce gazogène est fort singulier et mériterait d'être classé à part.

Je l'ai placé ici parce qu'il a quelques points de contact avec le gazogène de M. Genty.

Il est destiné à produire, en même temps, du gaz pauvre et du gaz de distillation.

Ces deux gaz, étant recueillis à part, peuvent être mélangés en proportions variables, et peuvent permettre de fournir ainsi un gaz dont les qualités soient celles que l'on recherche, pour n'importe quel usage.

Il se peut même, ce à quoi l'inventeur ne semble pas avoir

pensé, que si l'on voulait brûler le gaz pauvre dans un régénérateur et réchauffer ainsi l'air et la vapeur admis, on pourrait ne produire que du gaz de distillation avec un bon rendement.

Toutefois, en ce cas, faudrait-il s'inquiéter de la façon de faire sortir le coke, dont la plus grande partie ne serait pas brûlée.

La gazogène se compose d'une cuve ordinaire, dans laquelle une enveloppe réfractaire, jouant le rôle de cornue, isole par les côtés le charbon qui distille.

Sur les figures 115 et 116 on voit la coupe de cette cuve complètement enveloppée de tôle ou de fonte et constituée par des matériaux réfractaires.

On voit, en *aa*, la coupe de l'enveloppe réfractaire concentrique qui sépare les produits à distiller, qui sont ainsi compris dans la chambre troncônique A.

Cette chambre est prolongée à la partie supérieure, où les températures sont beaucoup moins élevées, par une paroi en fonte *bb*, installée de façon à recueillir la plus grande partie de la chaleur des gaz qui l'entourent.

L'inventeur recommande de la faire par segments et de lui donner des saillies.

Au-dessus de cette chambre, est une calotte cônique, dans laquelle s'élèvent les gaz de distillation qui sont évacués par la tubulure C_1.

Au-dessous de la chambre de distillation A est une chambre B, où descend le coke qui a distillé et sur lequel vient agir la vapeur d'eau surchauffée qui pénètre par les ouvertures *o*.

Enfin, encore au-dessous, est la chambre C où se fait la combustion exothermique, qui fournit toute la chaleur à l'appareil.

L'air, qui est amené par la conduite *o*, pénètre par les tuyères *u*. Il y a trois tuyères semblables.

Les gaz de la combustion se mélangent aux gaz à l'eau formés dans la chambre B, s'en vont dans la chambre annulaire D où ils échauffent le combustible à distiller au travers des parois réfractaires.

Ils aboutissent à la chambre supérieure E où ils rencontrent un serpentin rempli de vapeur d'eau qu'ils surchauffent.

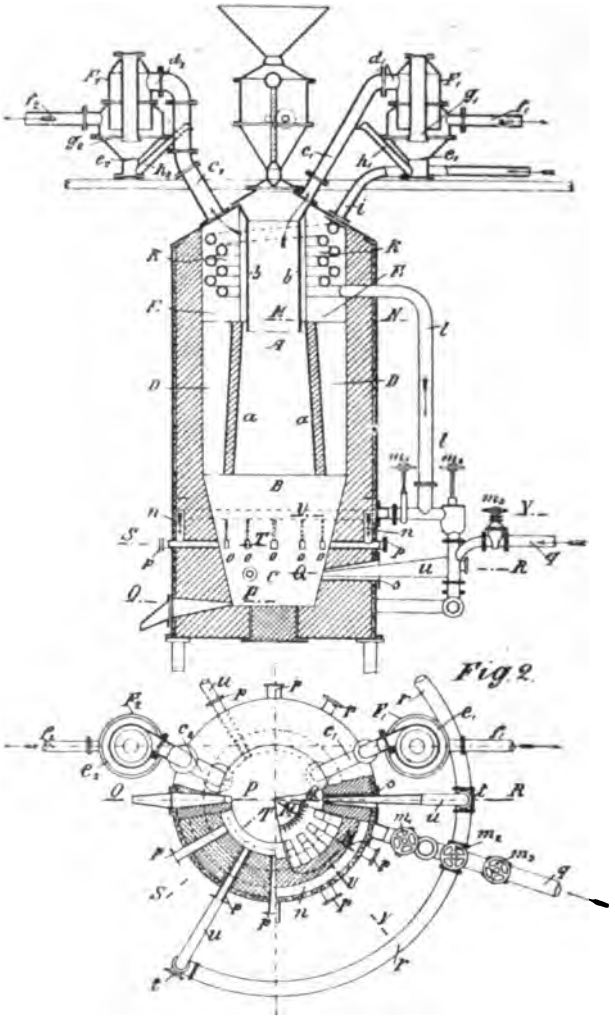


Fig. 115 et 116. — Coupe verticale et horizontale du gazogène de la Lindes Eis Machinen Gesellschaft.

Enfin ils échappent par la conduite c_2.

Pour compléter la description de l'appareil, il suffit de signaler la trémie supérieure, qui permet le chargement du com-

bustible et de montrer la disposition prise pour l'évacuation des gaz, l'arrivée de la vapeur et de l'air.

Je dirai encore que le gazogène est surélevé sur trois ou quatre colonnes basses, qui permettent de le déboucher à la partie inférieure en retirant un gros tampon réfractaire qui est visible dans le dessin.

Le départ des gaz de distillation et du gaz mixte se font dans des premiers épurateurs assez singuliers, qui se composent essentiellement de cloches en tôle F_1, F_2, où les gaz aboutissent en d_1, d_2, pour ressortir par les conduites horizontales f_1, f_2.

Au-dessus de ces cloches, sont des sortes d'entonnoirs e_1, e_2, où peuvent se déposer les poussières, les eaux ammoniacales et les goudrons, qui toutefois se vident par les tuyaux inclinés h_1, h_2, et dont le fond peut être visité par les tuyaux verticaux j_1, j_2.

On voit, en i, l'arrivée de la vapeur qui provient d'une chaudière. Elle circule et se surchauffe dans le serpentin k et descend dans la conduite l.

Là, elle rencontre une tuyauterie horizontale qui, d'une part, au moyen du robinet de réglage m, la conduit, par la rigole annulaire n, à des caniveaux qui, d'un côté, la mènent, en o, sur le combustible et, de l'autre côté, sont fermés par des tampons p qui permettent, en cas de besoin, d'examiner comment la combustion se produit.

La vapeur peut aussi s'en aller par le robinet m_2 dans la tuyère u où elle entraîne l'air.

De cette manière, toute l'arrivée d'air et de vapeur se fait par une conduite extérieure r qui peut se dilater librement.

Les proportions d'air et de vapeur sont facilement réglées par les trois robinets m_1, m_2, m_3, et les tuyères peuvent être visitées par les bouchons t.

J'ignore si ce gazogène a été construit et son bon fonctionnement m'étonnerait beaucoup, au moins s'il avait été exécuté conformément aux indications du brevet.

Il est cependant certain qu'il représente une solution très

intéressante, non seulement pour obtenir du gaz plus riche, grâce à l'appoint des produits de distillation, mais peut-être même, comme je le disais plus haut, pour être un procédé de distillation de la houille et de fabrication du coke.

En tout cas, il présente l'avantage, commun à celui de M. Genty, de pouvoir permettre la condensation des produits de la distillation, qui peut s'effectuer progressivement et commencer à basse température et de pouvoir ainsi fournir des sous-produits d'une haute valeur.

En outre, dans ce gazogène comme dans celui de M. Genty, les différents gaz suivent en même temps deux trajets bien distincts, quoique émanant de la même cuve et doivent être sollicités, à cet effet, par des procédés que l'inventeur n'indique pas.

Il semble que la pression de la vapeur doit les chasser et que l'ouverture plus ou moins grande de robinets, à la sortie des gaz, peut suffire à régler la proportion convenable des deux débits.

GAZOGÈNE GARDIE

La Société anonyme des moteurs thermiques Gardie, dont le concessionnaire à Paris est M. Leroy, construit, depuis la mort de M. Gardie, qui a laissé une étude inachevée des plus originales, un gazogène excessivement curieux et qui ne peut être comparé à aucun des autres types connus.

L'idée de M. Gardie, qui avait inventé un moteur à compression préalable, était d'intercaler le gazogène entre la compression de l'air et la chambre de la combustion. Il trouvait, dans ce procédé, différents avantages au sujet de la conception de son moteur, que je ne puis discuter ici, mais, à la construction et aux essais, on observa que le gazogène, où l'air pénétrait sous pression, donnait dans ces conditions des résultats tout à fait avantageux.

Dans une brochure, que les continuateurs de l'œuvre ont publiée, ils exposent d'une façon parfaite ce qui cause cet avantage.

Il est certain que les réactions qui se produisent dans un gazogène entre les différents carbures, le carbone, l'hydrogène, l'air et la vapeur d'eau, sont extrêmement complexes et qu'elles sont influencées par la température à laquelle elles se produisent, par la pression des gaz du milieu et aussi par la durée laissée aux réactions.

Or, dans le gazogène Gardie, qui affecte la forme d'un haut fourneau, l'air pénètre par une tuyère centrale sous pression ; il en résulte que le mélange d'air et de charbon est, à égalité de surface de combustible, plus riche en oxygène que dans aucun autre gazogène, que la température, par cela même, doit être plus élevée, la zone de combustion plus réduite, ainsi que la durée de la réaction.

Le résultat est que, dans ce gazogène plus que dans tout autre, la proportion d'acide carbonique est restreinte et atteint, paraît-il, à peine 2 0/0. Les eaux ammoniacales sont décomposées ainsi que presque tous les carbures, et les gaz qui sortent de l'appareil se composent presque exclusivement d'oxyde de carbone, d'azote, d'hydrogène et d'un peu de méthane. Les proportions d'hydrogène varient suivant la quantité d'eau introduite.

La caractéristique de ce moteur est donc de fonctionner avec de l'air comprimé.

Tel qu'il a été transformé dans ces derniers temps, il présente encore des particularités intéressantes.

Le chargement se fait par un entonnoir renversé très allongé, de façon que la hauteur du combustible soit toujours la même et que la distillation ne puisse pas modifier la qualité des gaz. Ce cône est surmonté d'une tuyau assez élevé au-dessus du gazogène aboutissant à un réservoir assez vaste, de sorte que les chargements sont fort espacés, toutes les deux heures, et sans que la qualité des gaz s'en trouve modifiée.

Une autre particularité de ce gazogène c'est qu'avec le cou-

rant d'air assez fort, à pression élevée, il n'est pas à craindre que les cendres pénètrent dans la tuyère, ni empêchent l'introduction de l'air; aussi ne met-on pas de grille au gazogène, ne laisse-t-on plus, comme jadis dans le même appareil, s'écouler les scories par l'ouverture inférieure comme dans un haut fourneau, et se contente-t-on, à des intervalles assez éloignés, toutes les dix ou douze heures, de décrasser le gazogène par des portes latérales.

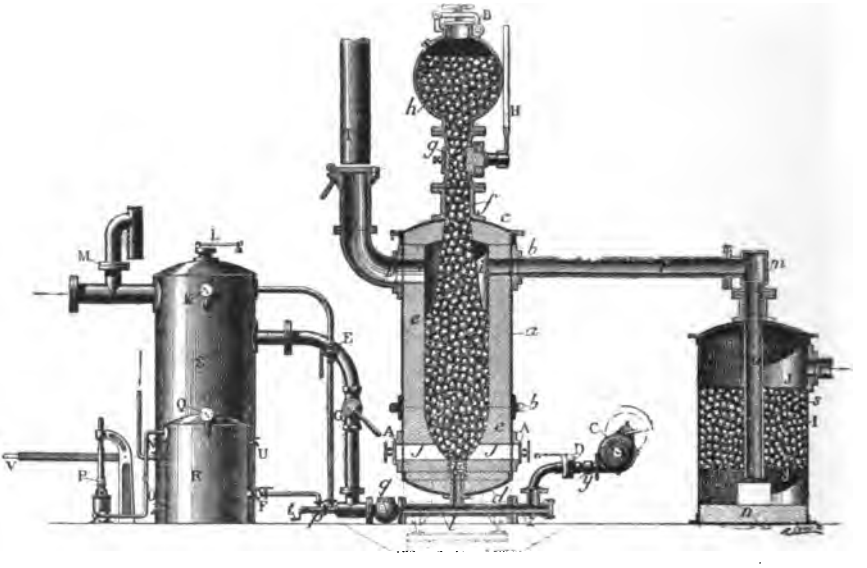


Fig. 117. — Gazogène Gardie.

Ce gazogène se distingue encore par l'absence d'appareils d'épuration devenus inutiles, puisqu'il n'y a à séparer ni goudrons, ni eaux ammoniacales. On emploie seulement, à la sortie des gaz, un filtre formé par du coke, sorte de scrubber très restreint qui retiendra les poussières de combustible.

La figure 117 montre un dessin d'ensemble du gazogène. En S est un réservoir où l'air comprimé prend une pression régulière. Il est muni d'un manomètre A et d'une soupape de sûreté L. En R, est installé un réservoir d'eau sous pression, muni aussi d'un manomètre Q.

L'eau vient du réservoir R par le robinet à vis F, et aboutit à l'injecteur *p*, où l'air vient lui-même du réservoir S par un tuyau muni du robinet T. En *t*, une manette permet de modifier la position de l'aiguille de l'injecteur et, par conséquent, la quantité d'eau entraînée. Par une autre tubulure, munie du robinet G, une autre quantité d'air aboutit, en *q*, avec le mélange d'air et d'eau pulvérisée et, par la conduite *l*, à la tuyère verticale K, aboutissant au gazogène. On voit encore, sur la figure, la pompe à main C aboutissant, par le robinet D, à la conduite *z*, dans le prolongement de *l*, et qui peut servir à alimenter, alors que les réservoirs R et S ne sont pas encore sous pression, comme je le dirai pour la mise en marche.

Le gazogène lui-même se compose d'une enceinte réfractaire *ee*, formée d'un cylindre vertical terminé, en bas, par une partie ovoïde, à laquelle aboutit la tuyère. Des conduites *j*, *j*, au bas de l'étalage, sont réservées pour le décrassage et aboutissent à des portes figurées en A.

Cette maçonnerie, qui doit supporter la pression de l'air et ne pas laisser traverser les gaz, est enveloppée dans une chemise en forte tôle, dont la partie cylindrique est formée de deux enveloppes réunies par des brides *b* et est fixée encore par des brides à la calotte *c* qui la termine à son sommet, tandis qu'elle est rivée à l'enveloppe *d*, qui soutient le bas du gazogène.

Au-dessus de celui-ci, est l'appareil d'alimentation, se composant d'un cône *i*, en tôle, qui pénètre dans le gazogène et maintient le charbon à la façon habituelle, et d'une longue tubulure en fonte *f* interrompue par un robinet *g* qu'un levier H permet de manœuvrer. Cette conduite aboutit à un réservoir sphérique *h*, qui est lui-même terminé par un couvercle à vis B.

On pourra ainsi, par cette double fermeture du robinet *g* et du couvercle B, charger du combustible et emplir le réservoir *h* sans être embarrassé de l'excédent de pression qu'il y a dans le gazogène.

A la partie supérieure de la cuve, deux conduites sont ména-

gées pour le départ des gaz, l'une *v*, aboutit à une cheminée T et ne sert qu'à la mise en marche; l'autre *r*, coudée en *m*, et prolongée par le tuyau *u*, aboutit à un épurateur cylindrique J, dans lequel une couche de coke est maintenue, en I, entre deux tôles perforées.

Pour l'allumage du gazogène, on ouvre le robinet *g* et le couvercle *b*, et l'on fait d'abord descendre quelques morceaux de coke destinés à protéger la tuyère; puis, suivant l'habitude constante, on envoie dans le gazogène des bouts de bois allumés, ensuite quelques morceaux de charbon et, petit à petit, on remplit le gazogène au fur et à mesure que la combustion se propage, la cheminée étant ouverte; puis l'on remplit le réservoir d'alimentation *h*, on ferme le couvercle B, ce qui permet de donner à l'air de la pression, et, lorsqu'à une prise de gaz, convenablement disposée sur la conduite *d*, on observe la bonne qualité du gaz que l'on peut enflammer et qui brûle bien, on interrompt la communication avec la cheminée et l'on envoie le gaz au nettoyeur et, de là, aux appareils auxquels il est destiné.

Le gazogène Gardie, très différent des autres appareils, présente des avantages et des inconvénients tout particuliers.

Parmi les avantages, il faut signaler, en toute première ligne, l'absence d'épurateurs qui sont, pour la moyenne et la petite industrie, une fâcheuse sujétion. Les gaz de ce gazogène sont naturellement purs, ne donnent pas de dépôt de goudron, il y a seulement à craindre qu'ils contiennent des sulfures dont il serait assez facile de se débarrasser en mettant des sels de fer avec le coke dans le nettoyeur. Il paraît que lorsque le soufre brûle dans ces conditions de température et de pression, on ne recueille dans les gaz que de l'acide sulfureux et pas d'acide sulfhydrique.

L'inconvénient de l'appareil est la nécessité d'avoir un compresseur, lequel compresseur nécessite un moteur et constitue une dépense. Aussi, si dans l'idée de Gardie le gazogène devait fonctionner à 6 ou 8 kilogrammes de pression, les continua-

teurs cherchent-ils aujourd'hui à se rapprocher le plus possible de la pression atmosphérique et de se contenter d'un excédent de 100 à 150 grammes.

Il est évident que le travail de compression qui, dans les idées de Gardie, était employé dans le moteur, est aujourd'hui un travail perdu, alors que le gazogène est utilisé pour le chauffage de four ou employé dans des moteurs à quatre temps, puisque dans les deux cas le gaz doit être détendu avant d'être brûlé.

Il est fâcheux que l'on n'ait pas trouvé moyen de rester sur la conception première qui était de faire fonctionner le gazogène à haute pression. Cela a nécessité d'employer des combustibles assez purs, de l'anthracite, tandis que Gardie prétendait, et les témoignages semblent l'attester, qu'il pouvait employer des combustibles chargés de produits volatils qui, grâce au fonctionnement à haute pression et à haute température, étaient décomposés. En outre, l'un des avantages de l'appareil devait encore être son faible encombrement, et l'on comprend qu'à 6 kilogrammes de pression un gazogène d'une dimension déterminée peut fournir une quantité de gaz beaucoup plus importante que s'il fonctionne à une pression plus restreinte.

Il me semble qu'il n'y aurait pas beaucoup de difficulté à récupérer, à la sortie du gazogène, le travail qui a servi à la compression de l'air ; les gaz sortent du gazogène à 500 ou 600° ; seraient-ils réduits à 300°, ils fourniraient encore un volume deux fois plus important environ que le volume d'air admis. Il suffirait donc que le rendement de cet échangeur de pression fût de 50 0/0 pour restituer, sous forme d'air comprimé, le travail perdu par la détente des gaz et, je le répète, on bénéficierait de tous les avantages considérables que présente la combustion sous haute pression.

Les intentions des constructeurs actuels semblent très différentes et, d'ailleurs, la forme du gazogène, où les scories ne s'enlèvent que par le décrassage, se prêterait maintenant plus mal qu'autrefois à l'emploi des charbons de qualité inférieure

et d'une haute pression d'air, puisqu'un gazogène fonctionnant à haute pression devrait consommer beaucoup de charbon dans un espace restreint, y laisser des déchets importants et nécessiter ainsi des décrassages fréquents, qui ne peuvent pas se faire sans arrêter le mouvement de l'air et laisser tomber la pression.

Le gazogène Gardie présente encore un avantage, commun à tous ceux où l'air est envoyé par un ventilateur. On peut faire varier le débit de l'air, et conséquemment celui du gaz, suivant les besoins.

On peut, de même, éviter l'emploi d'un réservoir gazomètre, qui est coûteux et encombrant.

Enfin, un autre avantage du gazogène, alors qu'il fonctionne sous pression élevée, est que les conduites sont naturellement d'un faible diamètre, ce qui est moins onéreux et très avantageux pour l'emploi du gaz de chauffage, parce que l'on peut alors entourer les conduites de calorifuges et amener, ainsi, les gaz au lieu de la combustion à haute température.

Il serait surtout avantageux, pour l'obtention de températures élevées, de pouvoir brûler les gaz sous pression. Cela nécessiterait certainement encore la compression de l'air secondaire, ce qui serait évidemment fort onéreux, et il faudrait construire des fours pouvant résister à une haute pression, mais il me semble, comme je le disais plus haut, que l'on pourrait y remédier en récupérant le travail fourni dans une sorte de moteur à air chaud à double effet, faisant pompe de compression. L'on obtiendrait, par des procédés semblables, des résultats tout à fait avantageux.

La Société concessionnaire du brevet Gardie a installé à Paris, depuis deux ans, deux usines d'expériences.

Dans la première, l'air comprimé à 6 kilogrammes était emprunté à la Compagnie Popp, et le gazogène d'expérience servait à alimenter un petit four où, malgré la détente du gaz,

de très hautes températures ont été obtenues et où l'on a fondu l'acier dans des creusets.

L'autre usine, installée à Ivry, sert aux essais de gazogènes alimentant un moteur à gaz Charon de 100 chevaux.

Lorsqu'il est nécessaire d'alimenter un moteur, on ne peut pas songer, pour la mise en marche, à emprunter à celui-ci le travail du compresseur, mais, comme dans cette seconde usine, on a adopté le principe de marcher à faible pression et qu'un ventilateur Roots a même semblé suffisant et remplace un compresseur, on a pu se contenter d'un ventilateur actionné à la main pour faire traverser l'air dans le gazogène et alimenter ainsi le moteur dans les premiers tours qu'il doit faire. Lorsque deux ou trois explosions se sont produites, que le moteur tend à sa vitesse de régime, on peut alors embrayer le ventilateur et le moteur fournit ainsi la puissance nécessaire à l'insufflation du gazogène.

Dans ces essais, le combustible employé a été l'anthracite contenant très peu de cendres et très peu de produits volatils.

D'autres essais ont eu lieu avec du coke.

Le gaz fourni par le gazogène Gardie est semblable au gaz mixte fourni par les autres gazogènes, dans lesquels de la vapeur d'eau est introduite. Si l'eau est envoyée simplement pulvérisée et que l'air n'est pas réchauffé avant son introduction dans le gazogène, c'est pour éviter, au bas de celui-ci, l'obtention de températures telles que les matières réfractaires n'y résisteraient pas.

Avant le décrassage du gazogène, on envoie l'eau pulvérisée d'une façon plus abondante, ce qui a pour effet, paraît-il, de décoller des parois les scories qui y sont accumulées sous forme demi-pâteuse.

Quand celles-ci sont expulsées, elles semblent ne plus contenir que des traces de charbon, et, comme la perte par les grilles et dans les cendres, toujours importante dans un gazogène, est ainsi fort réduite dans le gazogène Gardie, l'on peut être assuré que le rendement de celui-ci est fort bon. Il n'y a,

en effet, que le déchet aux parois et la perte de calories des gaz qui sortent à haute température et sont refroidis ensuite quand ils ne peuvent être employés au chauffage.

Je joindrai à ces notes quelques tableaux empruntés à une publication de la société, donnant différents renseignements sur la consommation et l'encombrement du gazogène Gardie.

I. — Application du gazogène a la force motrice

TYPE du GAZOGÈNE	Combustible brûlé par heure en kilos	Air comprimé nécessaire par heure en m³ à 0° et 760 m/m	M³ de gaz produits par heure à 0° et 760 m/m	Force motrice en HP totale maximum que peut produire le gazogène sous une pression de 1 k. 6 absolus	Force effective en HP maximum que peut produire le gazogène sous une pression de 1 k. 6 absolus (la force prise pour la compression d'air étant déduite).
1	15 à 30	53 à 105	65 à 130	60	56.5
2	30 à 55	105 à 193	130 à 235	110	104.0
3	50 à 85	175 à 298	215 à 365	175	165.0
4	80 à 120	280 à 420	325 à 520	250	236.0
5	120 à 160	420 à 560	520 à 690	325	307.0
6	150 à 210	525 à 735	645 à 910	425	400.0
7	200 à 270	700 à 945	860 à 1170	550	520.8

II. — Application du gazogène au chauffage

TYPE DU GAZOGÈNE	POIDS maximum du combustible brûlé par heure	M³ de gaz combustible produit à 0° et 760 m/m par heure	POIDS du combustible utilisable au chauffage par heure	VOLUME GAZEUX UTILISABLE AU CHAUFFAGE	
				Gaz pauvre en m³ à 0° et 760 m/m	Gaz de ville corr. en m³ à 0° et 760 m/m
1	30k	130	26k	115	30
2	55	235	50	210	55
3	85	365	78	338	85
4	120	520	110	480	120
5	160	690	142	635	160
6	210	910	190	835	210
7	270	1.170	248	1.075	270

III. — Consommation des moteurs de 3 a 50 chevaux

FORCE du moteur chevaux	CONSOMMATION PAR CHEVAL-HEURE		CONSOMMATION TOTALE DU MOTEUR PAR HEURE	
	m³ de gaz	kg. de combustible	m³ de gaz	kg. de combustible
3	3,034	0,700	9,100	2,100
4	2,925	0,675	11,700	2,700
5	2,818	0,650	14,090	3,250
6	2,710	0,625	16,250	3,750
7	2,600	0,600	18,200	4,200
8	2,495	0,575	19,950	4,600
9	2,365	0,550	21,450	4,950
10	2,275	0,525	22,750	5,250
12	2,168	0,500	26,000	6,000
14	2,168	0,500	30,350	7,000
16	2,168	0,500	34,700	8,000
18	2,168	0,500	39,000	9,000
20	2,168	0,500	43,500	10,000
25	2,168	0,500	54,200	12,500
30	2,168	0,500	65,000	15,000
35	2,168	0,500	75,850	17,500
40	2,168	0,500	86,700	20,000
45	2,168	0,500	97,500	21,500
50	2,168	0,500	108,500	25,000

IV. — Consommation des moteurs de 30 a 500 chevaux

FORCE effective en chevaux au frein	CONSOMMATION d'anthracite par cheval et par heure (air déduit)	GAZOGÈNE correspondant	AIR NÉCESSAIRE EMPLOYÉ SOUS LA PRESSION DE 1kg,500 ABSOLUS		FORCE RÉELLE rendue par le moteur au frein	CONSOMMATION d'anthracite par cheval-heure (air compris)
			M3	Force prise		
30	0,500	1	70	2	28	0,535
35	0,500	1	80	2,5	32,5	0,535
40	0,500	1	90	2,7	37,3	0,535
50	0,500	1	110	3,5	46,5	0,535
60	0,500	2	130	4	56	0,535
65	0,490	2	145	4,5	60,5	0,525
73	0,490	2	170	5	70	0,525
80	0,485	2	175	5,3	74,7	0,520
100	0,485	3	220	6,6	93,4	0,515
120	0,480	3	265	8	112	0,515
150	0,475	3	335	10	140	0,510
175	0,470	4	390	12	163	0,505
200	0,460	4	450	14	186	0,495
300	0,450	5	700	20	280	0,485
400	0,440	6	900	27	373	0,475
500	0,430	7	1.100	35	465	0,465

V. — Dimensions principales des gazogènes et de leurs accessoires

DÉSIGNATION DES COTES	GAZOGÈNE N° 1	GAZOGÈNE N° 2	GAZOGÈNE N° 3	GAZOGÈNE N° 4	GAZOGÈNE N° 5	GAZOGÈNE N° 6	GAZOGÈNE N° 7
Diamètre extérieur du gazogène..	0,66	0,82	0,98	1,14	1,30	1,46	1,62
Hauteur du plancher.....	2 »	2,40	2,60	3,25	3,60	4 »	4,40
Hauteur totale du gazogène.....	3,10	3,60	3,90	4,20	4,80	5,20	5,70
Diamètre extérieur du nettoyeur..	0,66	0,80	0,93	1,12	1,20	1,35	1,50
Hauteur du nettoyeur.....	1,04	1,33	1,37	1,60	1,85	2 »	2,20
Distance moyenne entre le gazogène et le nettoyeur.....	1 »	1 »	1 »	1 »	1 »	1 »	1 »
Diamètre du réservoir d'air du ventilateur.....	0,60	0,70	0,75	0,80	0,90	1 »	1,08
Hauteur du réservoir d'air du ventilateur.....	1,30	1,50	1,60	1,70	1,90	2,10	2,20
Diamètre du réservoir d'eau.....	0,50	0,55	0,62	0,75	0,85	0,90	0,95
Hauteur — —	0,65	0,75	0,80	1 »	1,20	1,30	1,50
Distance moyenne entre le réservoir d'air et le gazogène.....	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Diamètre de la cheminée.....	0,16	0,19	0,22	0,24	0,27	0,30	0.34
Hauteur — —	15	15	15	15	15	15	25

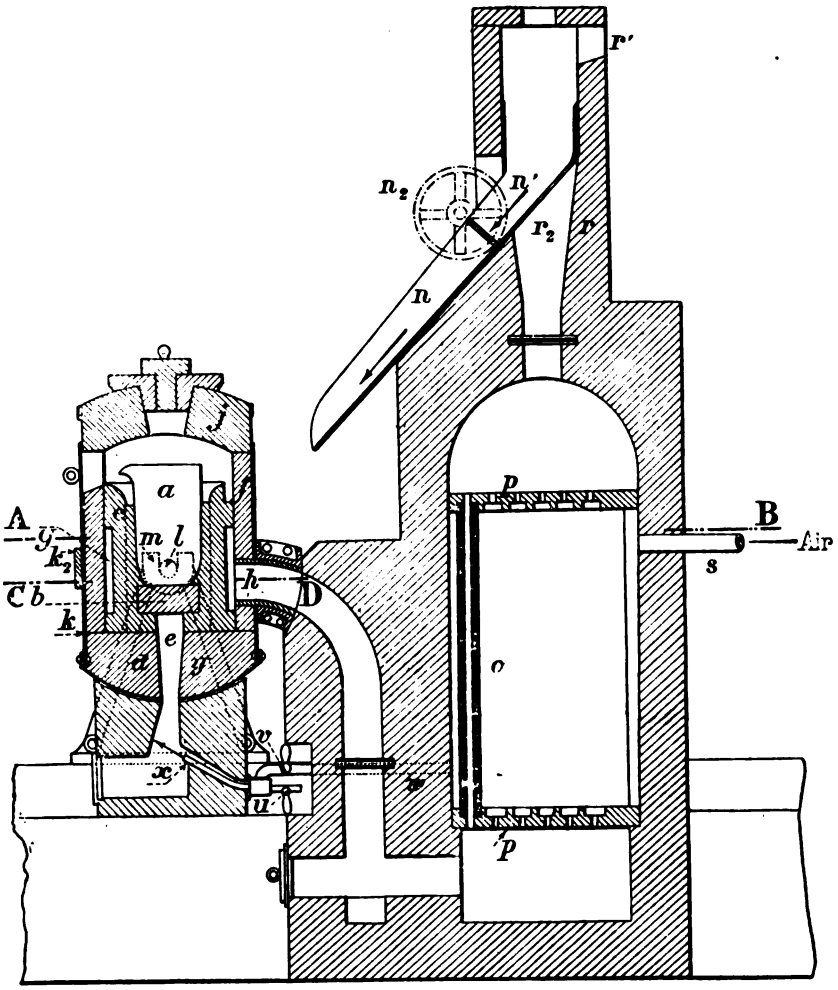
Les premières expériences faites dans Paris, pour le chauffage d'un four avec les gaz du gazogène Gardie, ont donné lieu à la construction d'un appareil ingénieux qu'il me semble bon de signaler.

C'est un four de fusion, avec récupération, de la Société Essner Laurans et Cie. Cet appareil est représenté figures 118, 119, 120 et 121.

La figure 118 montre la coupe par le plan commun de l'axe du four et du récupérateur.

Ce petit four, destiné à la fusion des bronzes et de l'acier, en général aux fusions des corps qu'il y a intérêt à traiter dans un creuset, présente la disposition particulière d'être suspendu par un axe sur deux paires de coussinets, de façon à pouvoir osciller four et creuset solidairement, ce qui présente l'avantage de permettre de vider le creuset sans avoir à le sortir du four et de le remplir au moyen d'une glissière oblique, en l'inclinant de façon que les matériaux à fondre

Coupe verticale



Coupe suivant **AB**

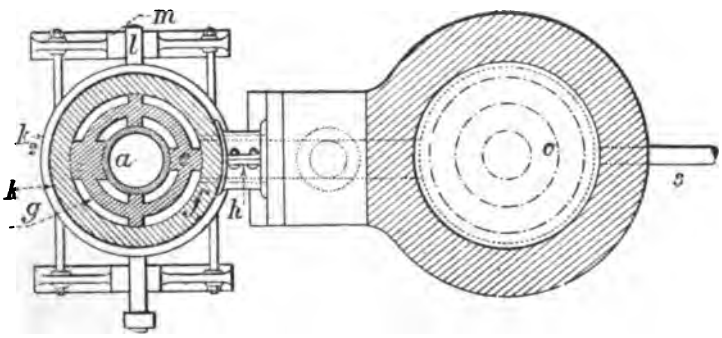
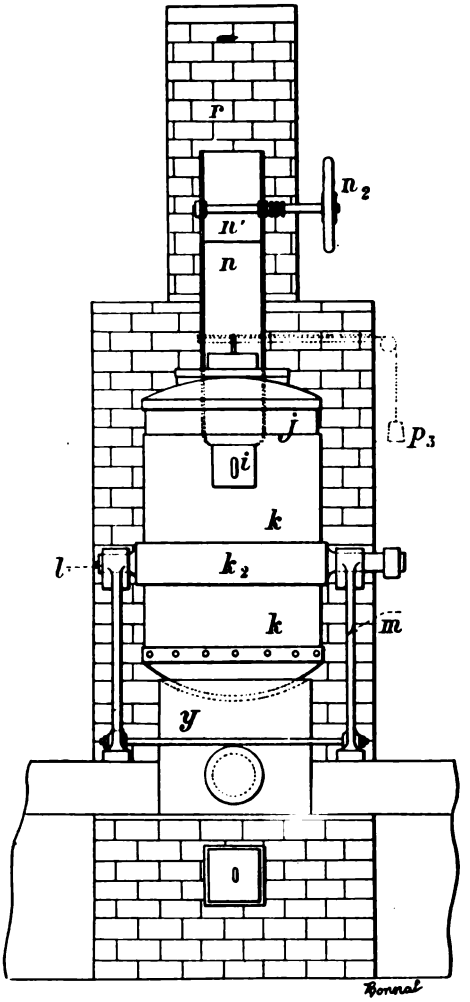


Fig. 118 et 119. — Four de fusion pour les gazogènes Gardie.

Elévation



Coupe suivant **CD**

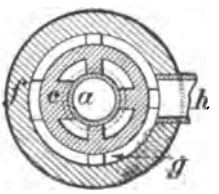


Fig. 120 et 121.

descendent doucement dans le creuset sans, par leur choc, en provoquer la rupture.

Il est bien évident qu'il y a un grand intérêt à ne pas sortir le creuset du four. On évitera ainsi des risques d'accidents causés par la rupture du creuset, on évitera la mise hors d'usage fréquente des creusets qui se déforment, enfin on évitera le refroidissement de celui-ci et la perte de chaleur considérable qui en est cause et qui rend l'emploi du four à creuset d'un rendement excessivement réduit. On augmentera le nombre d'opérations possibles dans un délai donné.

Le four est enveloppé dans une tôle d'acier *k*, cylindrique dans la partie verticale, sphérique dans la partie inférieure. Sur cette tôle est boulonnée un anneau k^2, qui embrasse le four et fait corps avec les deux tourillons *l*, *l*, qui reposent sur les coussinets *m*, *m*, réunis à la maçonnerie par les chaises en fonte.

Ce four demi-cylindrique, demi-sphérique, est formé par une enveloppe réfractaire *f*, *f*, verticale, s'appuyant sur une base réfractaire *d* et est terminée au-dessus par une calotte *j*. Cette enveloppe, comme la tôle qui la maintient, est percée de quatre ouvertures, dont l'une au sommet de l'enveloppe est fermée par un tampon réfractaire, mais peut s'ouvrir pour le chargement du creuset. L'ouverture *i*, fermée de même, s'ouvre pour le renversement du creuset. Les autres ouvertures *t* et *h* n'ont aucun appareil de fermeture, mais le déplacement même du four vis-à-vis de la maçonnerie inférieure ferme l'ouverture *t* quand le four est incliné et, comme c'est par celle-ci que sont introduits les gaz qui brûlent, alors que par *h* s'évacuent les gaz brûlés, il est évident que, dès que le four est incliné, il ne passe plus rien ni par *i*, ni par *h*. Les gaz et l'air secondaire sont introduits par deux robinets *u*, *v*, dans un chalumeau *x* qui les conduit, par *p*, dans l'intérieur du four. Ils circulent dans les espaces *g'g'* tout autour du creuset, qui est posé sur le fromage *b* et est maintenu par des appuis réfractaires *c*. La figure 121 montre bien la disposition à donner pour maintenir le creuset et pour laisser circuler les

gaz qui s'échappent en *h* pour aboutir au récupérateur.

Dans celui-ci, les gaz brûlés traversent une série de tuyaux verticaux et réchauffent ainsi l'air introduit en sens contraire par la tubulure *s* et conduit au chalumeau par la tubulure *w*. L'on prévoit même que le gaz pourrait être réchauffé dans le récupérateur, d'une façon analogue. Enfin, les gaz brûlés s'échappent par une cheminée r^2, où ils réchauffent encore, en n^1 les produits destinés à être fondus dans le creuset, qui sont retenus par une trappe qu'un volant n^2 fait manœuvrer au-dessus de la glissière *m*, qui sert à les amener dans le creuset.

L'appareil est ingénieux et peut permettre d'obtenir des températures fort élevées. Je serais surtout curieux de le voir fonctionner sous une pression élevée, ce qui toutefois nécessiterait des modifications pour rendre plus étanches l'arrivée des gaz dans le four.

M. Leroy, concessionnaire de la Société anonyme des moteurs thermiques Gardie, me signale des installations déjà faites du gazogène Gardie.

1° Verrerie de M. Chupin, à Laignelet, où un gazogène actionne :

Un moteur Charon de 25 chevaux, un four à arches, un four à recuire, un four à fondre, des chalumeaux divers ;

2° Château de Charbonnières, près d'Orléans : un gazogène actionnant un moteur Charon de 20 chevaux ;

3° Exposition de Barcelone : un gazogène actionnant, un moteur Charon de 35 chevaux ; un four fixe de fusion ;

4° Un laboratoire, à Ivry-sur-Seine : un gazogène actionnant un moteur Charon de 100 chevaux.

CHAPITRE X

LES GAZOGÈNES A COMBUSTION RENVERSÉE

On s'occupe beaucoup, depuis quelque temps, des moyens à employer pour pouvoir utiliser dans des gazogènes les charbons demi-gras, gras, les charbons bitumineux, les lignites, et, en général, tous les combustibles chargés de produits volatils.

Il y a là, en effet, un intérêt considérable.

On a pu employer, dans des gazogènes et pour le chauffage industriel, de semblables combustibles, mais les essais tentés, pour leur emploi dans des gazogènes destinés à la force motrice, ont été rarement heureux.

La raison tient à ce que la chaleur du foyer distille les combustibles et produit, ainsi, des goudrons qui se déposent dans les conduites à la sortie du gazogène, ou se dédoublent, donnent des dépôts très épais, et collent les soupapes des moteurs.

Les moteurs à gaz prennent un développement considérable, qui sera plus universel quand on sera revenu de l'erreur occasionnée par les prétendus avantages de la surchauffe. La théorie montre que l'économie de la surchauffe peut donner excessivement peu de chose et que son importance est si réduite que les complications apportées dans les chaudières, les inconvénients entraînés dans les machines à vapeur, rendent ce perfectionnement extrêmement onéreux.

Une des causes qui empêchent souvent l'industriel de béné-

ficier de l'économie considérable en calories qu'offrent les moteurs à gaz pauvre, c'est la nécessité d'employer, comme combustible, du bon coke ou du bon anthracite.

Ces combustibles coûtent cher et souvent, à proximité des usines, existent des gisements de charbons différents, ou de lignites qui reviennent bien meilleur marché à l'industriel, qui ne trouverait ainsi aucun avantage financier à ce que sa force motrice soit produite au gaz pauvre.

Il faut donc pouvoir utiliser ces combustibles dans des gazogènes.

Pour transformer, en gaz combustibles, les carbures que la distillation entraîne, il n'a été trouvé jusqu'à ce jour qu'un seul procédé pratique, qui consiste à faire passer les gaz au travers du charbon rouge *en présence d'un oxydant*.

Il se produit, aux hautes températures, un dédoublement des carbures, qui tendent à devenir de plus en plus hydrogénés, et, dans cette opération, il y a dépôt de carbone.

Si ces gaz sont chargés d'acide carbonique, qui se réduit, ou s'ils contiennent de l'air, ce carbone, au lieu de se déposer, est brûlé en oxyde de carbone.

Lorsque de l'acide carbonique seul traverse une masse de charbon rouge, il est réduit en oxyde de carbone et consomme une certaine quantité de coke.

Lorsque l'acide carbonique est envoyé avec des goudrons, il se produit la double opération que j'ai signalée ci-dessus, action réductrice sur l'acide carbonique, action oxydante sur les goudrons.

Autrement, si de l'air est nécessaire à la transformation, l'opération est une oxydation.

J'insiste parce que l'on appelle toujours de semblables colonnes de coke, colonnes réductrices.

Il est donc nécessaire, pour obtenir un gaz suffisamment pur et débarrassé autant que possible de goudrons, de pouvoir faire traverser, à celui-ci, une colonne de combustible porté au rouge, du coke de préférence, afin qu'il ne puisse fournir lui-même aucun produit volatil.

De semblables procédés sont préconisés depuis longtemps, mais il semble n'y avoir eu que deux méthodes qui aient donné de bons résultats.

L'un des procédés est la combustion renversée, qui a été employée avec plein succès et d'une façon remarquablement intelligente en Amérique, par M. Loomis.

Les gazogènes Loomis fonctionnent avec courant d'air de haut en bas, et il a été reconnu que la marche par aspiration était de beaucoup préférable.

Ces gazogènes n'ont été, paraît-il, employés que dans de grands appareils, avec des charbons bitumineux qui ne se soudent pas sous l'influence de la chaleur. D'ailleurs, dans les grandes cuves, la descente est rarement interrompue et il est facile de briser, par le haut du gazogène, les voûtes qui se formeraient.

La marche en combustion renversée oblige les gaz qui se produisent nécessairement dans le haut du gazogène, où le chargement s'effectue, à traverser les parties très rouges du combustible au-dessous de la zone de combustion. Puis la température décroît au fur et à mesure que l'on s'écarte de ces zones et les gaz sortent au bas du gazogène transformés et légèrement refroidis.

Si l'alimentation d'air, en haut du gazogène, est suffisante et surtout si l'air primaire est porté à haute température, les carbures qui se forment à la partie supérieure sont entraînés par un courant suffisamment oxydant pour que la transformation puisse bien s'effectuer.

Si la quantité d'air entraînée avec les gaz de distillation est insuffisante, il faudra mettre une entrée d'air supplémentaire au bas de la cuve ou au milieu.

Il y a, dans les gazogènes ici cités, des dispositions analogues.

Mais il semble que la meilleure solution est d'introduire l'air suffisamment bas et suffisamment chaud.

GAZOGÈNE LOOMIS

Ce gazogène semble l'un des premiers que l'on ait signalé comme fonctionnant de bas en haut et par aspiration.

M. Gustave Richard l'a décrit dans son ouvrage de 1892. Je le représente figures 122, 123, 124, 125, empruntées à l'ouvrage de M. Henrivaux (*le Verre et le Cristal*).

M. Witz en parle aussi dans son tome II, mais, pour ma part, il y a dans les explications données des idées qui me semblent inadmissibles et je ne signalerais pas ce gazogène, dont la description me semble elle-même si incertaine, s'il n'était ainsi le premier type d'une série.

Ce gazogène est établi, paraît-il, pour faire soit du gaz mixte, soit du gaz à l'eau, soit du gaz métallurgique.

En tout cas, il se compose essentiellement d'une cuve A, vue en coupe figure 124, où le combustible est soutenu sur des étalages très peu inclinés, au-dessus d'un cendrier. Une porte *b*, au-dessus de l'étalage, permet de faciliter le décrassage.

L'air, la vapeur d'eau, ou le mélange des deux est introduit par des buses inclinées, assez basses dans le gazogène et rayonnant d'un carneau circulaire alimenté par l'injecteur F.

Les gaz s'échappent, en B, par une porte latérale du cendrier et traversent une chaudière *c*, attirés par le ventilateur, placé en E, pour être refoulés en *g* au gazomètre.

Une cheminée est réservée, en P, pour la marche lente aux périodes où le gazogène ne fonctionne pas activement.

Si ce gazogène présente cette disposition particulièrement intéressante de fonctionner à la fois de bas en haut et par aspiration mécanique, il ne faut pas le considérer comme étant le premier gazogène à combustion renversée.

Je signalerai, à cet effet, un brevet allemand très antérieur

(1881) dans lequel il y a des idées très heureuses à côté de certaines naïvetés, comme celle du gazogène tout en fer et des

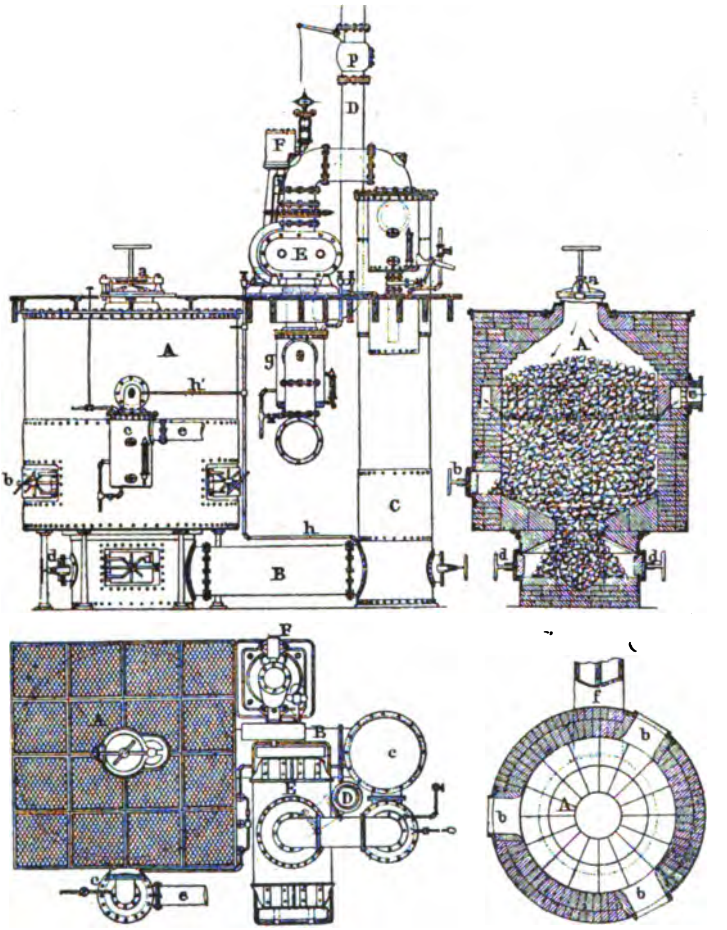


Fig. 122, 123, 124 et 125. — Gazogène Loomis.

récupérateurs où l'air et le gaz ont toutes facilités pour se mélanger.

Je cite le brevet presque textuellement.

GAZOGÈNES ALBERT PUTSCH

La figure 126, coupe suivant AB, et la figure 127, coupe en long, montrent la construction d'un « gazogène à combustion ren-

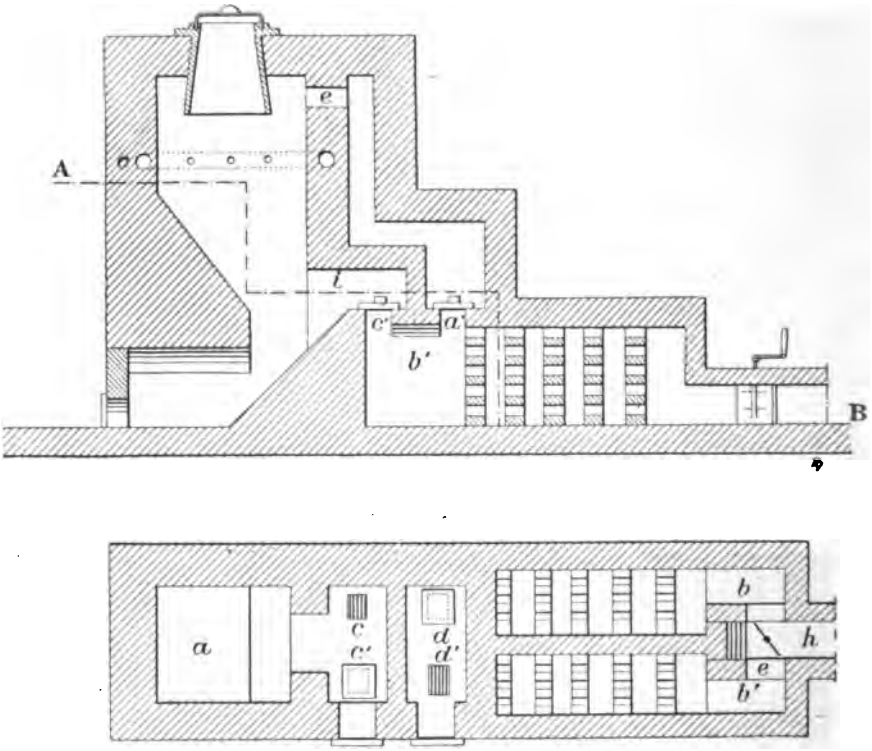


Fig. 126 et 127.

versée », dans lequel la chaleur, emportée par les gaz produits, est utilisée par des régénérateurs destinés pour le chauffage de l'air indispensable à la production du gaz.

Ce générateur, comme les autres figurant sur ces croquis, se compose d'une cuve alimentée au centre de sa partie supé-

rieure et agencée différemment selon les différents combustibles. Suivant leur nature, le travail se fait par tirage naturel ou par vent soufflé.

Les gaz chauds qui se dégagent dans le générateur *a* sortent par les ouvertures latérales *i*, et passent par la porte *c* dans le régénérateur *b*, abandonnent leur chaleur aux briques empilées dans celui-ci, et finalement arrivent aux carneaux de départ *h*, ouverts par une valve de direction.

L'air entre par *e*, traverse le régénérateur *b'*, s'y échauffe, pénètre par l'ouverture *d'* dans le canal supérieur pour s'introduire dans le gazogène par *c'* et traverser le combustible. Après un certain temps, on tourne la valve, le gaz circule alors à travers le régénérateur *b'*, l'air passe alors par *b* et s'y échauffe.

Par le tuyau *o*, on peut amener de la vapeur d'eau au générateur, ou bien on peut aussi laisser entrer par *e* un mélange d'air et de vapeur. La vapeur arrive alors au gazogène, très surchauffée. De même, on peut amener, par *e*, uniquement de la vapeur, tandis que l'air sera introduit dans le gazogène soit par la buse *o*, soit de toute autre manière.

La figure 128, coupe longitudinale, et la figure 129, coupe suivant CD, représentent un gazogène relié à un seul appareil destiné à la récupération de la chaleur emportée par les gaz produits.

Les gaz quittent le générateur *a* par les ouvertures *i*, entrent dans un carneau circulaire et arrivent au récupérateur *b* par le canal *f*; ils circulent, en chicane, dans plusieurs carneaux horizontaux, formés par des empilages de briques auxquels ils abandonnent leur chaleur. Les gaz quittent le récupérateur en *g* et s'échappent par le conduit *h*. L'air, ou un mélange d'air et de vapeur, entre dans le récupérateur par le canal *e*, monte à la partie supérieure par les conduits verticaux ménagés dans les briques, se rassemble dans le carneau *m* et arrive au générateur par les ouvertures *ee* pour agir sur le combustible.

La figure 130 et la figure 131 montrent un générateur dans lequel les gaz, après avoir quitté la cuve *a* par *i*, entourent

une tuyauterie en serpentin. Par le tuyau *h* les gaz refroidis quittent la chambre, dans laquelle est disposée cette tuyauterie. L'air entre en *l* dans la tuyauterie *b*, se surchauffe et arrive

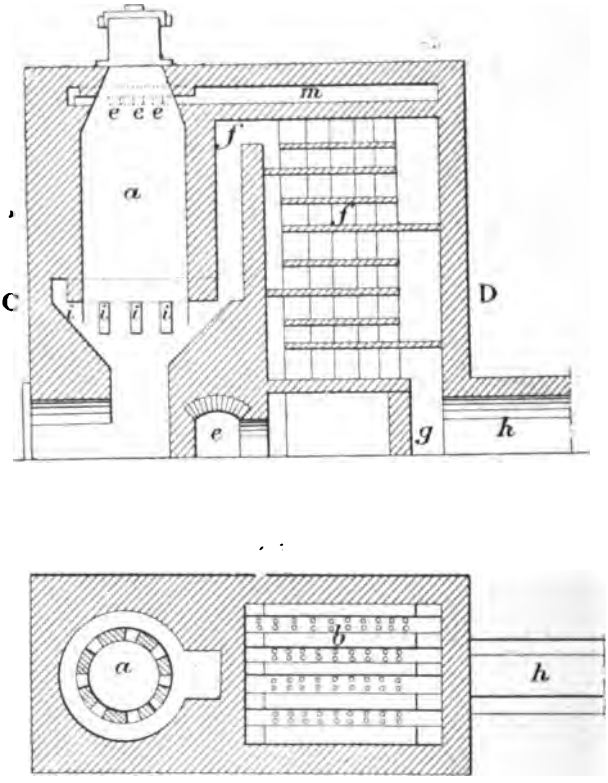


Fig. 128 et 129.

sur le combustible par les ouvertures *e*. On amène la vapeur par le tuyau mobile *o*.

Dans la figure 132, coupe en long, et la figure 133, coupe suivant GH, on a représenté un gazogène dans lequel les gaz chauds, sortant du générateur, sont amenés, par le canal *i*, sous une chaudière à vapeur. L'air, entrant par le tuyau *l*, est introduit au générateur par des carneaux et des orifices *e*. Par le tuyau *o*, on peut amener de la vapeur. Les ouvertures *e* sont

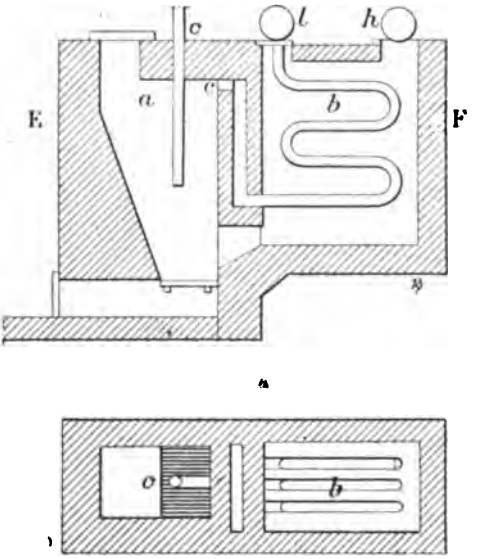


FIG. 130 et 131.

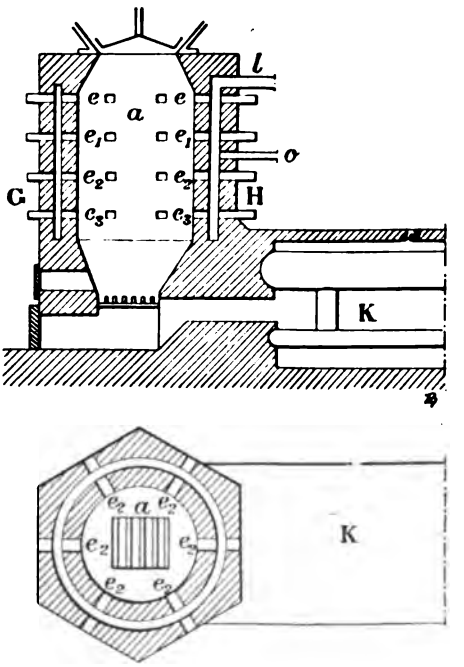


FIG. 132 et 133.

disposées de telle manière que l'on peut toujours, à l'aide de registres, les ouvrir ou les fermer à volonté selon les besoins

La vapeur produite peut être employée à n'importe quel usage industriel, par exemple à actionner la soufflerie du générateur, à l'alimenter de vapeur, etc.

Par le canal *i*, on peut encore faire une deuxième introduction d'air comburant et obtenir une combustion directe du gaz, si l'on a un plus grand emploi de la vapeur.

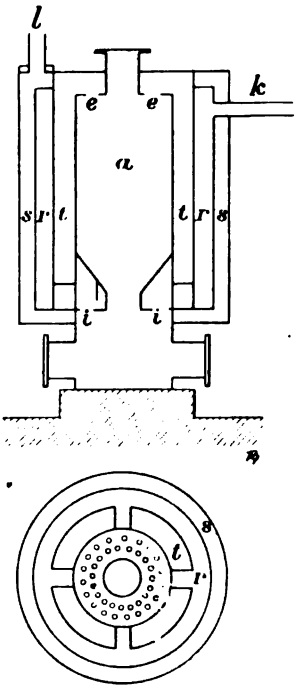


Fig. 134 et 135.

Dans la figure 134 et la figure 135, on a figuré un gazogène tout en fer, lequel est disposé pour actionner les moteurs à gaz, ou bien pour chauffer de petits appareils industriels, etc. Le gaz, produit dans la cuve *a*, sort par les orifices *i*, dans l'enveloppe *r* ; il monte et se rassemble dans la conduite *k*. L'air entre, par le tuyau *l*, dans l'enveloppe extérieure *s*, chemine vers le bas et passe dans l'enveloppe extérieure *t* où il remonte pour entrer, au générateur, par les orifices *e*.

Ainsi, la chaleur emportée par les gaz produits passe, de l'enveloppe *r*, dans les enveloppes voisines *s* et *t*, où elle est recueillie par l'air entrant de l'appareil. On peut encore, en même temps, alimenter de vapeur par le tuyau *l* ou de toute autre manière.

Si le gaz doit être employé pour les moteurs, on le conduit par le tuyau *k*, à un réfrigérant qui sert d'épurateur. Les deux gazogènes figurés par les figures 136, 137, 138, 139, ont spécialement pour but la cuisson de la houille, pour production du gaz de distillation.

Avec les gazogènes à combustion non renversée, l'emploi direct des charbons qui doivent être cuits à haute température est impossible. Ici, au contraire, la chaleur entraînée par les gaz peut être utilisée pour la distillation du charbon introduit et le coke produit contribue lui-même à la production du gaz.

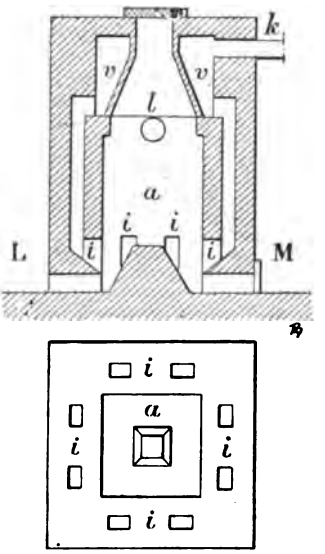


Fig. 136 et 137.

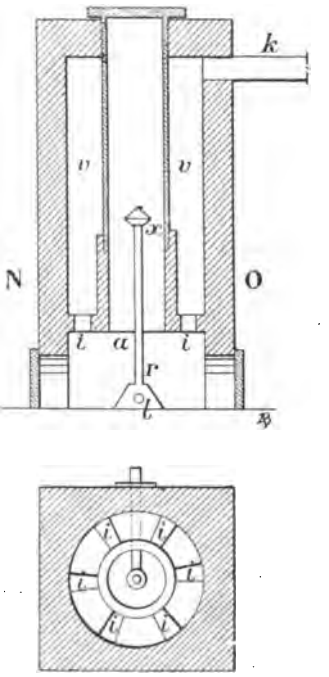


Fig. 138 et 139.

La figure 136 est une coupe en long et la figure 137 une coupe suivant LM d'un semblable appareil; les gaz produits sortent du générateur *a* par les buses *i*, se rassemblent dans un carneau circulaire *v* qui entoure en haut la paroi supérieure du générateur et la chauffe extérieurement. Dans cette sorte de trémie, qui agit comme une cornue, est introduit le combustible employé, qui est gazéifié sous l'influence de la chaleur extérieure. Les gaz formés circulent également vers le bas, traversent le coke incandescent déjà formé, et sont trans-

formés en gaz permanents. Par le tuyau *l*, on amène l'air au milieu du générateur, au-dessous de la cornue, et cet air peut également être mélangé de vapeur d'eau.

La figure 138 et la figure 139 représentent un générateur construit de façon différente, mais qui conduit au même but décrit ci-dessus. Les gaz chauds sortent en *i* dans l'enveloppe supérieure *v* qui entoure une cornue verticale en fer, qui reçoit les charges nouvelles; par la chaleur des gaz qui s'échappent, le charbon distille.

Les gaz refroidis s'éloignent par le conduit *k*. L'air entre, en *l*, sous la sole du générateur, dans un coffre disposé à cet effet, monte par le tuyau *r* et aboutit en *x* dans le générateur pour effectuer la combustion du coke qui descend de la cornue.

Si l'on veut introduire régulièrement le combustible dans la cornue, on devra adapter à l'appareil les moyens mécaniques connus pour la séparation et la descente du coke formé.

GAZOGÈNE DAUBER

Je signalerai encore, en reproduisant presque intégralement le brevet, le gazogène Dauber, qui semble très remarquable (1890).

Pour rendre ce gazogène propre à l'utilisation de toute espèce de combustibles, on y a installé une disposition spéciale d'injection d'air et de vapeur; ceux-ci, chauffés et surchauffés par les gaz qui s'échappent du générateur, sont injectés dans les matières à gazéifier par une série de tuyères, soit seuls, soit mélangés de combustibles liquides, gazeux ou pulvérulents.

Pour transformer en gaz pauvre les carbures lourds, ceux-ci doivent être obligés à traverser les couches de combustible en ignition par un système combiné d'exhausteurs et de tuyères à vent forcé.

Pour utiliser autant que possible la chaleur emportée par les gaz formés, on dispose dans le canal de départ une tuyauterie d'amenée de vapeur et d'air qui, par conductibilité, s'échauffent et se surchauffent.

Les appareils nécessaires à la production de la vapeur sont également disposés dans ce canal de départ.

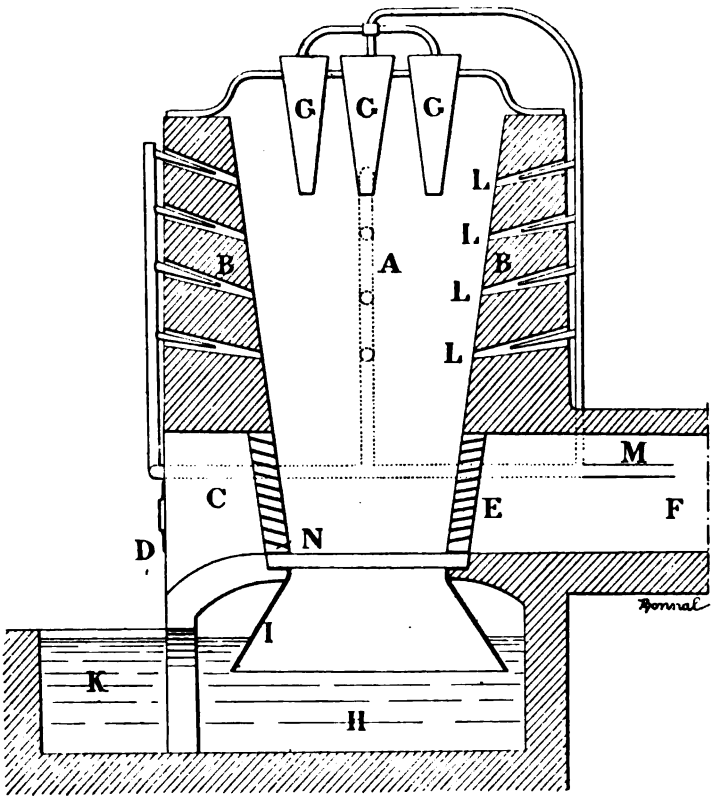


Fig. 140.

La sortie des cendres et des scories se trouve au bas de la cuve.

La figure 140 est une coupe verticale de ce gazogène.

La cuve A va en se rétrécissant vers le bas; les deux parois latérales B, symétriques, présentent, à la partie inférieure, une

disposition en forme de grille, et s'élèvent, de là, sur une chambre voûtée C.

D'un côté, celle-ci est fermée par une porte à coulisse D, en contact avec l'air frais extérieur; tandis que le départ des gaz vers le conduit collecteur se fait par le côté opposé, au travers des grilles plates E. Un exhausteur aspire les gaz.

L'air nécessaire à la combustion arrive sur le combustible par l'ouverture supérieure du four et par les tuyères G qui y pénètrent.

Par le déplacement de ces tuyères et par l'ouverture plus ou moins grande de la porte D, en avant de la grille, en règle la marche du fourneau et l'entrée de l'air selon les besoins.

Sous le milieu de la cuve, se trouve ménagée une cave H, dans lequel le mélange de scories et de cendres s'écoule de la cuve par une trémie I. Le bassin est rempli d'eau, de façon que le bord inférieur de la trémie forme joint hydraulique et que les scories se trouvent en même temps éteintes et refroidies.

Le bassin présente, sur le côté du fourneau, une ouverture K, par laquelle on peut extraire la cendre.

Pour activer le travail et aussi lorsque l'on emploie des combustibles collants pour les empêcher de s'agglomérer, on a disposé, à la partie supérieure du fourneau, les buses à vapeur et à vent L, par lesquelles on pourra souffler, la vapeur surchauffée, avec ou sans mélange d'air ou même de goudron, s'il se forme quelque part une agglomération passagère.

Le générateur à vapeur, destiné à fournir la vapeur nécestaire à l'appareil comme aussi la conduite M, qui le relie aux tuyères, doit être placé dans le canal de départ des gaz. On peut aussi disposer les conduites de vent qui doivent aboutir aux tuyères dans ce même canal de départ, pour utiliser la chaleur des gaz sortants au chauffage de ce vent.

Au pied de l'une des grilles, on a ménagé une ouverture N, afin de pouvoir retirer les scories qui pourraient rester suspendues à cet endroit.

Ce gazogène est très intéressant. On y trouve différentes idées du plus grand avenir.

Il est certain, par exemple, qu'un gazogène à combustion renversée se prête tout particulièrement à la combustion accessoire des huiles lourdes, et l'idée de les introduire pulvérisées et surchauffées avec l'air et la vapeur est très heureuse. Il est malheureux qu'elle ne soit pas plus développée.

Je ne comprends pas bien l'utilité de la porte D, à moins qu'il ne s'agisse d'une combustion supplémentaire des cokes résiduaires. En tout cas, il est à noter dans ce gazogène, l'idée d'une semblable ouverture d'air par en bas.

GAZOGÈNE « SYSTÈME FAUGÉ »

Il a été pris, depuis, pas mal de brevets pour la marche en combustion renversée. Je signalerai notamment le gazogène système Faugé.

Cet appareil a été essayé à l'usine de Saint-Gobain où il a donné d'excellents résultats en brûlant du bois.

D'autres essais ont été entrepris avec de la houille grasse. Ils n'ont peut-être pas été suffisamment longs pour être absolument concluants.

Il suffit de dire qu'ils ont parfaitement réussi. Déjà, les essais avec le bois sont très satisfaisants, et l'on peut être certain de brûler dans cet appareil toute espèce de bois, sous n'importe quelle forme.

La figure 141 représente ce gazogène. On voit, en *b*, la trémie de chargement permettant au bois de tomber dans la cuve *a* du gazogène. L'air, envoyé par une soufflerie, en *i*, suit le chemin indiqué par les flèches et pénètre dans la partie supérieure du gazogène. Il traverse, d'abord, une couche de combustible, trop frais au moment du chargement pour s'enflammer, mais il entraîne les gaz de distillation que la haute température du gazogène engendre dans cette première couche, et, ainsi chargé, il atteint une couche plus chaude où le bois distillé est brûlé.

En traversant cette zone à haute température, les gaz de distillation brûlent ou se transforment, et toute la masse, continuant son mouvement de haut en bas, traverse une troisième couche de combustible qui est du charbon de bois au rouge, dont la température va décroissant de haut en bas.

C'est qu'effectivement la réaction qui peut se produire dans

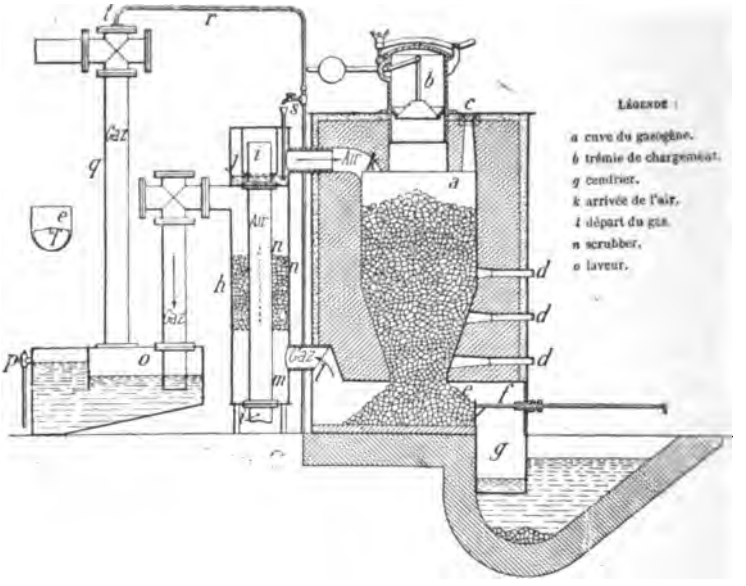


Fig. 141. — Gazogène, système Faugé.

cette zone n'est que la réduction de l'acide carbonique en oxyde de carbone et la transformation analogue de la vapeur d'eau en oxyde de carbone et en hydrogène, sous l'influence du coke au rouge.

Ces réactions étant endothermiques refroidissent la masse. Aussi les couches inférieures sont-elles de plus en plus froides et comportent beaucoup de cendres. Les gaz sortent ainsi du bas de la cuve à une température très réduite d'environ 300°.

Cette disposition si ingénieuse pourrait néanmoins présenter deux inconvénients, auxquels il est heureusement facile de remédier.

L'un d'eux est que le combustible qui aura échappé à la combustion dans la partie supérieure du gazogène ne pourra parfaire celle-ci dans la partie inférieure, où les températures ne sont plus élevées et où les gaz sont réducteurs.

Il faut donc estimer qu'une partie assez importante du combustible s'en ira avec les cendres. L'expérience le confirme.

Avec le bois, l'inconvénient peut être facilement compensé.

C'est qu'en effet il est très facile de séparer le charbon de bois de la cendre du bois, soit en précipitant l'ensemble dans l'eau où le charbon de bois surnage, soit par criblage.

L'autre inconvénient, de ce mouvement des gaz de haut en bas, est que ceux-ci entraînent beaucoup de cendres et qu'on ne peut ainsi les employer qu'après un nettoyage.

Dans la figure 141, le filtrage est fait dans la tubulure annulaire *n*, sorte de scrubber où une colonne de coke est disposée, d'où ensuite le gaz va dans un laveur figuré en *o*, et enfin, de là, au gazomètre.

Ce scrubber sert en même temps à l'échauffement de l'air primaire dont la tubulure d'amenée *i*, *i*, traverse le coke chauffé. Cet air vient ensuite barboter en *j* sur une couche d'eau alimentée par un robinet *s*, avant d'aboutir au gazogène.

Ce qui fait tout le bénéfice de l'appareil, c'est qu'à part le scrubber annulaire, qui est indiqué sur la figure, il n'y a aucun appareil d'épuration, et les moteurs qui sont employés fonctionnent d'une façon parfaite, sans présenter aucun des incidents si fréquents avec l'emploi de combustibles autres que le coke et les anthracites anglais. Il n'y a pas de carbures acétyléniques, comme l'on en a observé dans les gaz de bois, même lorsqu'ils avaient traversé le coke au rouge dans la distillation renversée.

Il faut aussi remarquer que le fonctionnement est des plus simples.

Généralement, dans les gazogènes, toute l'attention doit se porter sur la partie inférieure, où la combustion se fait près des grilles. Dans les meilleurs appareils, les grilles sont diffi-

ciles à préserver du feu et même la maçonnerie du foyer et des étalages dure peu de temps, les briques fondent.

Au contraire, dans les gazogènes à combustion renversée fonctionnant avec du bois, le bas de l'appareil est relativement froid, le décrassage se fait avec la plus grande facilité; il n'y a rien à craindre, ni pour les grilles, ni pour la maçonnerie, aussi semble-t-il que les frais d'entretien doivent être nuls.

On n'a même pas à craindre de très hautes températures au haut de l'appareil, où le combustible frais et l'entrée de l'air à température relativement basse interdisent un échauffement anormal.

Il faut, en effet, observer que, dans les gazogènes à combustion renversée, on ne peut pas enlever les cendres à l'air libre. On doit éviter toute rentrée d'air dans le cendrier, ce qui, avec les gazogènes à combustion directe, ne présenterait aucun inconvénient.

Aussi l'inventeur de ce gazogène a-t-il porté toute son attention sur les procédés à employer pour enlever les cendres.

On en voit encore dans le dessin de cet appareil une solution ingénieuse. Les cendres sont recueillies dans une rigole dont on voit, à gauche de la figure, la coupe, en *e*, ainsi que la projection d'une cuiller *f*, qui se compose d'un demi-disque monté sur une tige.

On comprend facilement comment cette cuiller, étant introduite par pression dans la couche des cendres dans une position quelconque, il suffira de la faire tourner autour de la tige *f* pour qu'au retour elle râcle une partie de la cendre qu'elle entraîne dans le bassin *g* fermé par un joint hydraulique.

Cette disposition est particulièrement avantageuse pour les cendres de bois, qui ne sont, en somme, qu'une poussière dans laquelle la cuiller entre très facilement.

Il en serait autrement avec des cendres de charbon et les scories qui les accompagnent. Aussi, une autre disposition a été imaginée.

Un nouveau gazogène, installé dans la même usine, diffère

du premier en ce que les cendres seront reçues sur une grille inclinée, d'où elles sont projetées dans le cendrier par des doigts passant entre les barreaux des grilles, montés sur un axe parallèle au plan de ceux-ci ou perpendiculaire à leur ligne de plus grande pente, formant en quelque sorte un peigne rotatif nettoyant les barreaux.

Tel qu'il fonctionne actuellement au bois, le gazogène Faugé se charge environ tous les trois quarts d'heure sans nécessiter de précautions spéciales, il fonctionne d'une façon parfaite.

Il suffit de recueillir le charbon de bois dispersé dans les cendres et qui représente un peu plus de 10 0/0 du poids du bois chargé.

Ce charbon de bois peut être employé à n'importe quel usage, car il est un très bon combustible, très dense, mais dont les morceaux n'ont pas une forme convenable pour la vente. Aussi, au cas où il n'y aurait pas d'emploi local, il conviendrait simplement de l'introduire à nouveau dans le gazogène avec des chargements ultérieurs de bois.

Les résultats ont été très économiques à Saint-Gobain, où en mars 1901 notamment, avec deux moteurs à gaz Letombe et des dynamos, la consommation a été la suivante : 41.500 kilogrammes de bois pour 11.000 kilowatts-heures.

Pendant ce temps, on retirait du gazogène et employait à différents usages 4.650 kilogrammes de charbon de bois.

Si l'on évalue à 8.000 calories le pouvoir calorifique du charbon de bois, à 2.750 calories celle du bois assez vert qui était employé, la consommation par kilowatt-heure se trouverait ainsi de 7.000 calories, soit, par cheval-heure de 625 watts, de 4.375 calories.

Autrement dit, la consommation de bois en compensant les calories du charbon de bois aurait été par cheval-heure de 1.600 grammes, et, en conservant le bénéfice du charbon de bois, de 2.500 grammes.

Encore faut-il tenir compte que ces chiffres sont établis en marche industrielle, y compris tous les déchets, allumage, arrêts, marche réduite, etc.

Le gaz est assez chargé d'acide carbonique, sa richesse varie d'après l'allure du gazogène et suivant la rapidité des chargements et des dégrillages.

Voici, d'ailleurs, quelques analyses.

Avec du bois humide, ayant deux à trois mois de coupe, on a obtenu les gaz suivants :

	En volume.		
Acide carbonique	10,00	10,30	10,60
Oxyde de carbone	18,50	18,00	16,70
Méthane	0,70	0,10	1,40
Hydrogène	17,40	18,30	17,70
Azote	53,40	53,30	53,60
	100,00	100,00	100,00
Puissance calorifique par M³ à 15°	1.058,00	1.010,00	1.078,00

On obtient du gaz plus riche avec du bois séché à l'air ayant quatre à six mois de coupe :

	En volume.			
Acide carbonique	10,70	9,40	12,50	9,20
Oxyde de carbone	17,90	21,20	19,70	22,80
Méthane	3,10	2,40	2,80	1,30
Hydrogène	17,60	15,80	15,00	17,40
Azote	50,70	51,20	50,00	49,30
	100,00	100,00	100,00	100,00
Puissance calorifique par M³ à 15°	1.267,00	1.252,00	1.224,00	1.238,00

	En volume.		
Acide carbonique	15,20	13,50	16,80
Oxyde de carbone	15,48	9,70	14.20
Méthane	7,20	12,30	8,80
Hydrogène	12,60	14,90	14,00
Azote	49,60	49,60	46,20
	100,00	100,00	100,00
Puissance calorifique par M³ à 15°	1.444,00	1.809,00	1.593,00

Enfin l'on a pu obtenir, en modifiant l'allure du gazogène, du gaz plus riche en méthane, c'est-à-dire où les produits de la distillation sont moins complètement décomposés.

Ces gaz diffèrent des gaz de coke et de houille en ce que la

proportion d'acide carbonique est plus élevée par rapport à celle de l'oxyde de carbone. Ceci semble devoir établir, comme je le montrais précédemment, que la température de la zone de combustion n'est pas très élevée.

Ceci est tellement vrai que le nouveau gazogène de Saint-Gobain étant beaucoup plus grand et marchant par conséquent à allure plus réduite, puisqu'il fait le même travail, produit un gaz encore plus chargé d'acide carbonique que celui que j'ai décrit ici.

Ce gazogène à combustion renversée est donc un appareil extrêmement souple, d'une simplicité sans exemple, et qui doit, dans beaucoup de régions, donner, avec les moteurs à gaz, la force motrice à des prix extrêmement avantageux.

NOUVEAU GAZOGÈNE FICHET ET HEURTEY

MM. Fichet et Heurtey ont fait breveter et ont construit un nouveau gazogène à combustion renversée, qui bénéficie des formes avantageuses dont ils ont vérifié l'heureuse disposition avec leur gazogène habituel.

Ce qui différencie celui-ci, c'est une chambre centrale, qui est destinée à jouer un rôle analogue à celui de la tuyère centrale, dans les gazogènes à combustion directe.

Elle a pour but de faire en sorte que la prise de gaz soit effectuée autant que possible au centre de combustible.

On voit, sur la figure 142, la disposition de cette prise de gaz. C'est une chambre en produits réfractaires, chambre aussi vaste que possible, car ces messieurs espèrent que, vu le volume de la chambre, le courant gazeux sera très faible et les poussières entraînées très réduites.

Malheureusement, cette chambre ne peut pas, placée où elle est, être très vaste. En outre, la vitesse du gaz est surtout réglée par le diamètre, forcément petit, de la conduite de départ.

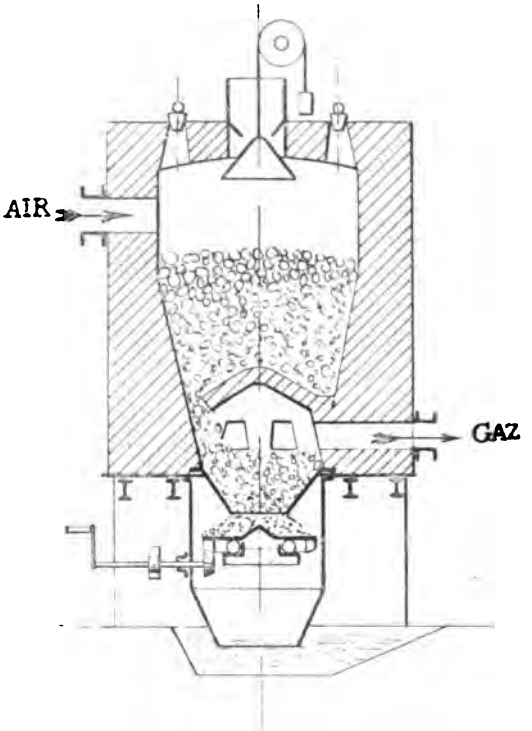


Fig. 142. — Nouveau gazogène à combustion renversée de MM. Fichet et Heurtey.

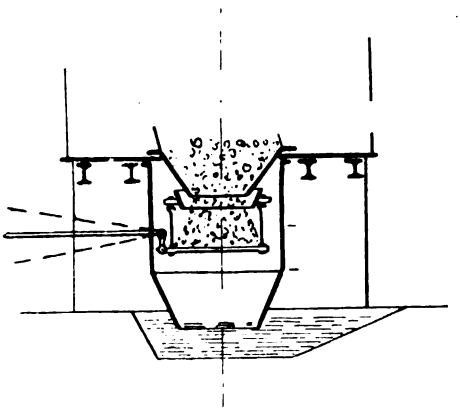


Fig. 143. — Autre disposition de grille oscillante.

Enfin, les prises de gaz se font nécessairement près des parois et non au centre de la cuve.

Dans l'ensemble du gazogène, dont j'ai joint ici un croquis, d'après le brevet, on retrouvera les dispositions essentielles de l'ancien gazogène, la trémie d'en bas et la grille tournante.

Ces messieurs y ont ajouté un joint hydraulique pour l'enlèvement des scories.

Dans un autre dessin (*fig.* 143), est figurée une autre disposition, qui se distingue par une grille oscillante que l'on peut déplacer par un levier et une double trémie.

Je n'ai de renseignements sur ces gazogènes que par les brevets.

Il semble qu'avec les gazogènes à combustion renversée, il y ait tout particulièrement intérêt à ce que la prise d'air se fasse assez bas dans le gazogène, au-dessous de la zone de la distillation.

C'est ce qui semble avoir été recherché dans les trois gazogènes que je vais signaler.

GAZOGÈNE A COMBUSTION RENVERSÉE KITSON

M. Kitson a fait breveter, en même temps que l'appareil que j'ai décrit, une disposition spéciale de gazogène à combustion renversée, toujours avec une grille inclinée.

Dans cet appareil, l'air et la vapeur sont introduits dans le combustible au-dessous de la zone du charbon fraîchement chargé qui distille encore, et pénètrent par un long cône renversé placé à la partie centrale du gazogène.

Au-dessous de l'orifice de ce cône, une zone assez haute est réservée pour la combustion et la réduction, et des ouvertures sont ménagées dans les parois pour permettre aux gaz de s'échapper.

Tout ceci est installé dans un gazogène semblable à celui précédemment décrit, avec la même grille tournante qui joue toujours le même rôle, remue le combustible, l'empêche de se coller, ce qui est facile grâce à la forme évasée de haut en bas de la cuve, fait tomber les cendres et les évacue.

En outre, les dispositions d'alimentation d'air par la grille et de départ des gaz par le haut du gazogène restent maintenues de sorte que, suivant la manière dont on dispose les vannes, le gazogène pourra marcher en combustion renversée et, lorsqu'il conviendra de le faire marcher en combustion directe, notamment pour brûler les parties du combustible qui auront échappé à la combustion renversée, il n'y aura qu'à fermer les vannes préalablement ouvertes, à ouvrir l'arrivée d'air au-dessous de la grille et l'appel des gaz en haut de la cuve.

La figure 144 montre l'ensemble de l'appareil. On voit, en 18, le cône par lequel pénètrent l'air et la vapeur et qui est terminé d'une façon irrégulière à sa partie inférieure, de façon à distribuer l'air et la vapeur à des étages différents pendant un mouvement de rotation qui lui est imprimé par la vis 9, entraînée par la tige 10, ainsi qu'il est particulièrement visible sur la figure 146, cette tige 10 étant réunie par le pignon 11 au pignon 13, qui commande le mouvement de la grille et la rotation des deux organes étant ainsi rendu solidaire. Les figures 146 et 147 montrent la disposition de la trémie, qui répartit la charge par quatre conduites divergentes. Elle montre aussi, avec la figure 144, comment la vapeur pénétrant par le tuyau 7, réglé par le robinet 7*a*, et aboutissant par le tuyau 6, entraîne l'air qui arrive par un papillon 30, que l'on peut plus ou moins ouvrir.

On voit aussi, dans la figure 146, le détail de la suspension de tout l'ensemble de la distribution d'air et de vapeur.

La figure 145 montre la disposition de la grille.

Elle diffère excessivement peu de celle précédemment signalée; il n'y a seulement pas de tuyères, probablement parce que M. Kitson estime que la combustion directe doit se faire sans

vapeur, puisqu'elle n'a pour but que de réchauffer le charbon et brûler le combustible entraîné dans les cendres.

Aussi l'air pénètre simplement dans une colonne 20, d'où il

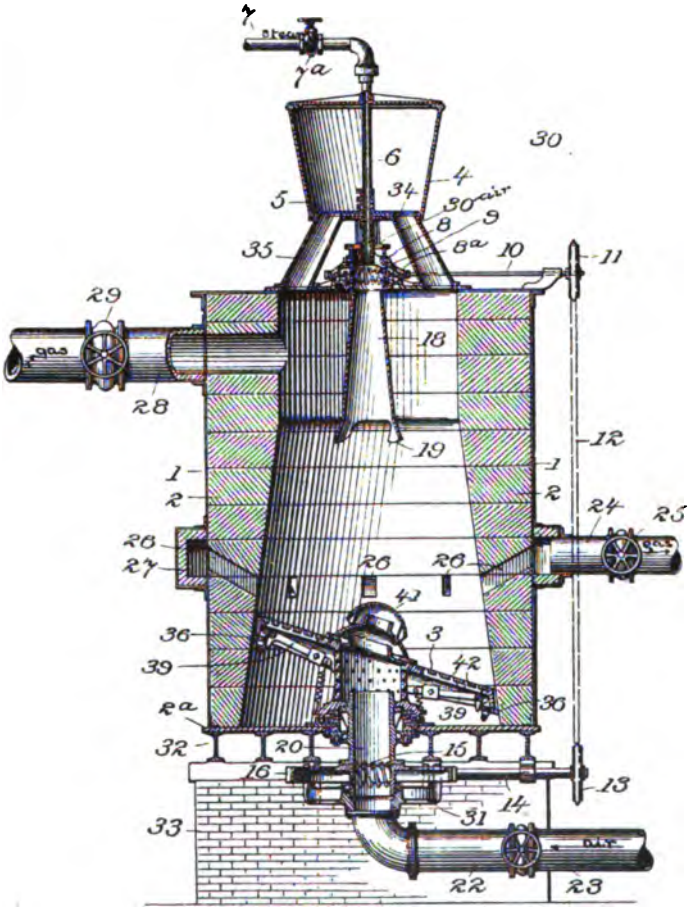


Fig. 144. — Gazogène Kitson à combustion renversée.

aboutit au tronc de cylindre 17, où beaucoup de fenêtres sont ménagées pour permettre à l'air de s'échapper par-dessous la grille en même temps que par le chapeau 41.

Enfin, dans la figure d'ensemble 144, on voit en 26 les orifices d'échappement du gaz, provenant de la combustion

renversée, qui se réunissent dans les conduites annulaires 27

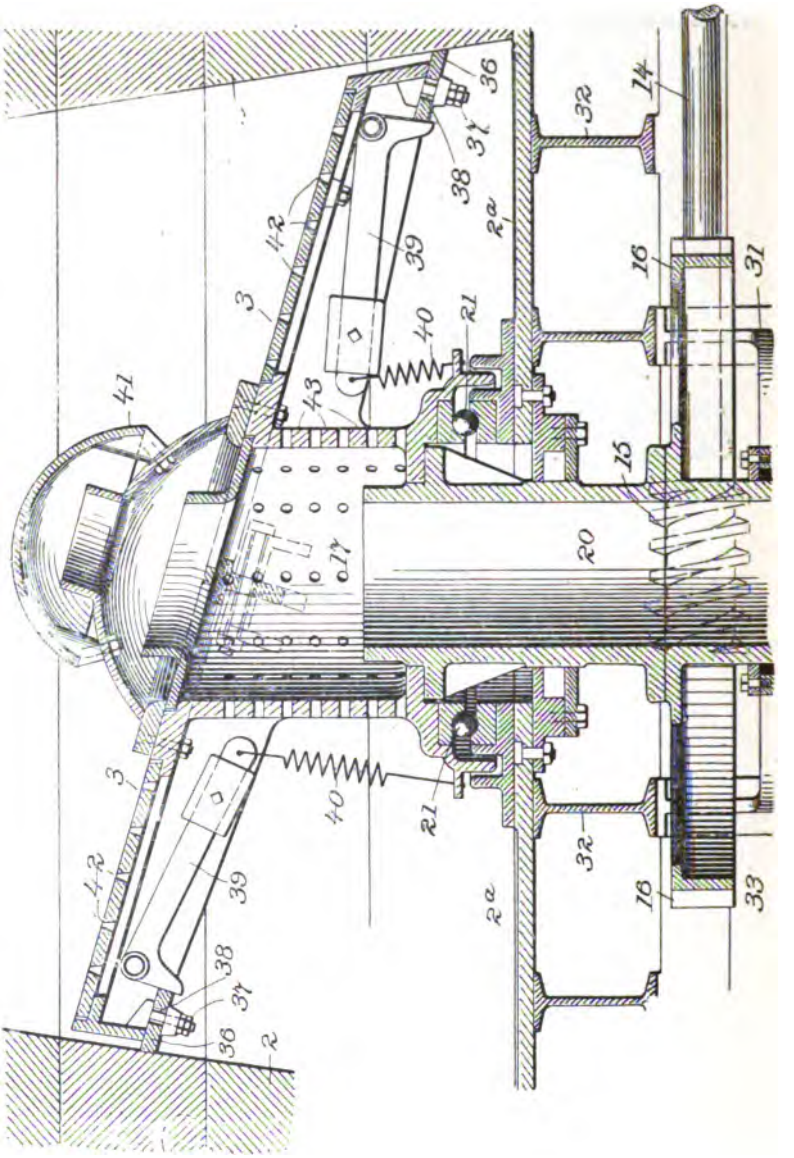


Fig. 145. — Gazogène à combustion renversée Kitson. Détails de la grille.

pour sortir par la tubulure 24. On voit, de même en 28, la

conduite de départ du gaz provenant de la combustion directe

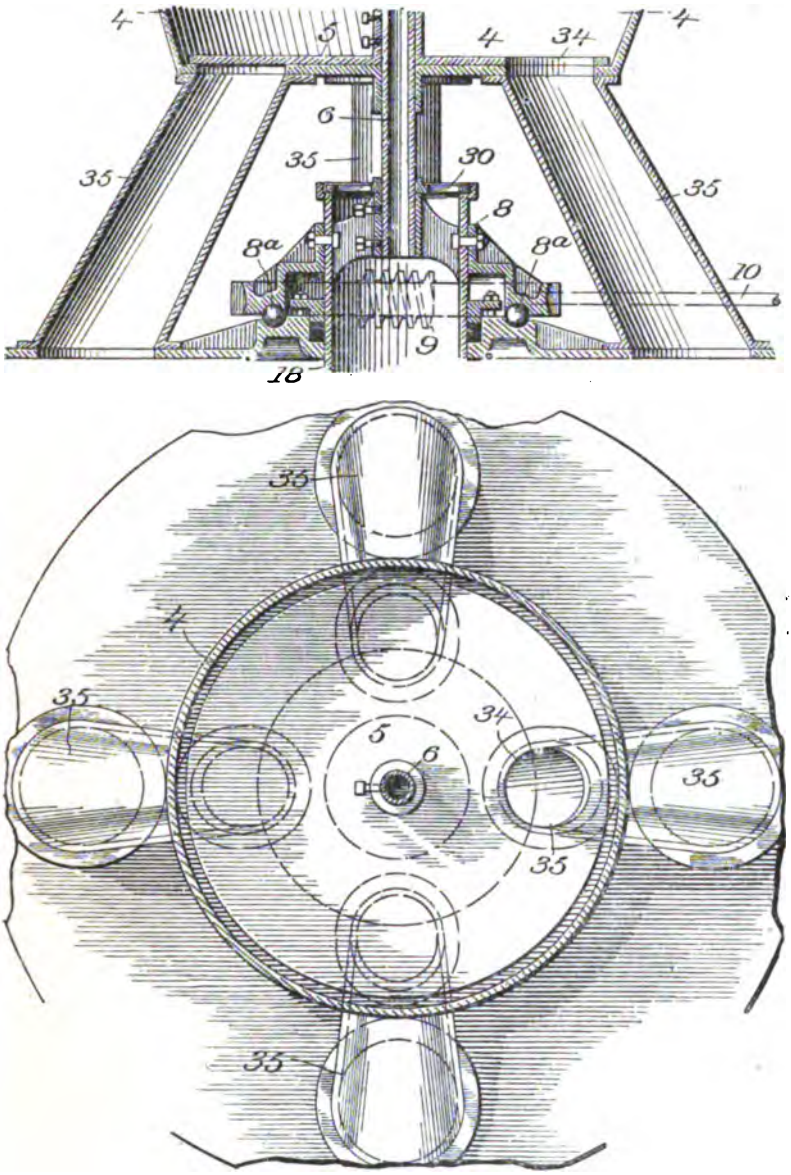


Fig. 146 et 147. — Gazogène à combustion renversée Kitson.
Distribution du charbon, de l'air et de la vapeur.

Il est facile de comprendre que, quand la vanne 23 est

fermée ainsi que la vanne 29, le gazogène marche en combustion renversée, le robinet 7*a* étant ouvert, ainsi que la vanne 25.

Quand il y a lieu de fonctionner en combustion directe, 7*a* et 25 sont fermés, 23 et 29 sont ouverts.

Le gazogène Kitson me semble fournir une excellente solution de la combustion renversée, qui est si intéressante, et. comme les périodes de combustion directe doivent surtout servir à réchauffer la masse de combustible contenue dans le gazogène, il est à présumer que l'on peut faire pénétrer, par la partie supérieure, une proportion plus grande de vapeur qu'habituellement dans les gazogènes et que le gaz du gazogène Kitson doit ainsi être plus riche que celui des gazogènes type Dowson, en contenant une proportion plus grande de gaz à l'eau.

C'est ce qui caractérise surtout ce gazogène.

L'avenir montrera s il est réellement utile de réchauffer ainsi le bas de la masse et de parfaire la combustion par une adduction supplémentaire d'air au bas du coke.

C'est un procédé que certains recherchent et il a été pris, notamment pour le gazogène Faugé, une addition de brevet en ce sens.

Je crois, pour ma part, que la combustion peut être parfaite de haut en bas, sans nécessiter cette deuxième arrivée d'air.

GAZOGÈNE A COMBUSTION RENVERSÉE DESCHAMPS

Je présente aujourd'hui un nouveau gazogène du même type que les précédents.

Ce gazogène a pour but la transformation en gaz pauvre des combustibles riches en produits volatils, comme les charbons gras, les charbons à longue flamme, les lignites, les tourbes, les déchets de bois, les schistes, etc..., et notamment

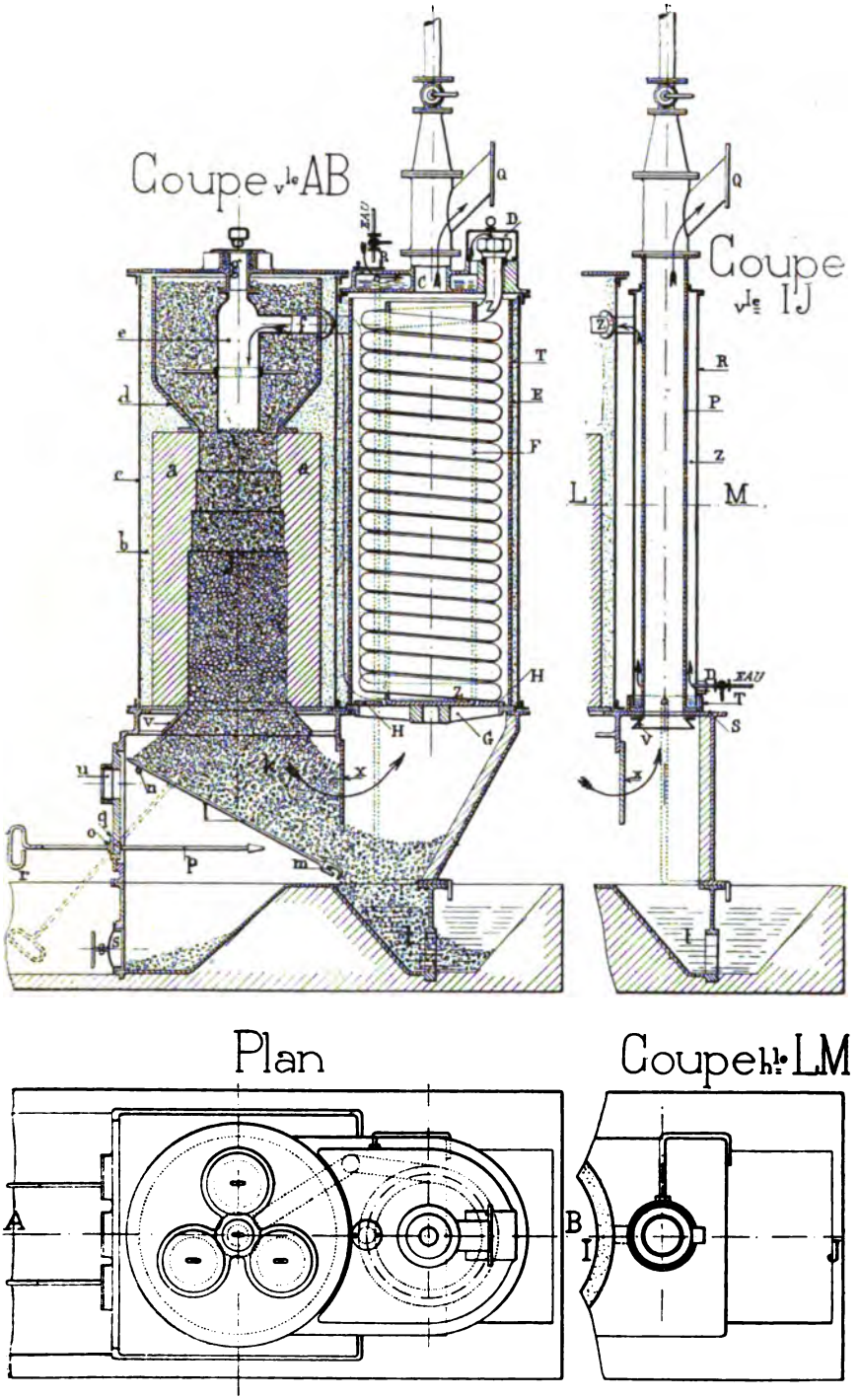


Fig. 148. 149, 150, 151. — Gazogène Deschamps à combustion renversée avec deux récupérateurs différents.

des combustibles, qui, sous l'influence de la chaleur, peuvent se souder et descendre difficilement dans un gazogène ordinaire.

Il fonctionne en combustion renversée.

En outre, il marche par aspiration, le gaz étant appelé par un ventilateur (non figuré sur le dessin), ce qui permet d'ouvrir, en cas de besoin, les orifices en haut de la cuve, et de piquer le combustible sans interrompre la marche de l'appareil.

Comme la prise d'air est centrale, descend profondément dans le gazogène et s'ouvre par en haut, le ringard peut aboutir directement dans la zone de combustion, et briser facilement les voûtes qui s'y formeraient sans avoir à traverser la couche du charbon qui s'échauffe et distille.

L'appareil se compose essentiellement d'une cuve en produits réfractaires *aa*, entourée d'isolants *bb*, maintenus par une chemise en tôle *cc*. Cette cuve est légèrement évasée de haut en bas, dans la partie supérieure où se fait la combustion.

Au-dessus de cette cuve, est posée une large trémie en fonte *d*, bien protégée contre les pertes de chaleur et n'aboutissant pas au couvercle du gazogène.

Cette trémie a pour but de recevoir le combustible et de le chauffer par conductibilité, au fur et à mesure de sa descente. Elle doit être épaisse et faire volant de chaleur.

Au centre, se trouve une bouteille en acier étampé *ee*, destinée à amener l'air chaud venant de la conduite *f*, et à permettre, par sa partie supérieure ouverte, le passage des ringards pour le piquage. Quelques trous sont percés, sur son pourtour, pour le passage de la vapeur et des gaz de distillation. L'ouverture supérieure se continue par celle, *g*, du couvercle, fermée la plupart du temps par un tampon.

Le couvercle porte, en outre, trois autres ouvertures, fermées par des tampons et permettant d'introduire le combustible et au besoin de ringarder.

Le combustible doit, en général, être chargé humide, et

même une disposition peut être ajoutée permettant d'introduire, goutte à goutte, de l'eau par le couvercle du gazogène, afin qu'elle se volatilise en même temps que se produit la distillation.

Le combustible s'échauffe donc, tant au contact de la bouteille *e*, qu'au contact du gueulard *d*. Il rencontre en *i* l'air introduit, se brûle, descend, en *j*, dans la zone de réduction, pour aboutir, en *k*, à une température moins élevée, dans une zone où le combustible est, en grande partie, réduit à l'état de cendres et de scories.

Cette partie basse du gazogène est entièrement métallique, de façon à être étanche.

Une grille *l*, qui s'articule, d'une part, sur une barre *m* et s'appuie, d'autre part, sur une barre *n*, supporte le combustible en permettant seulement aux cendres et aux menus déchets de traverser.

Plusieurs lances *p*, coulissant dans des rotules *o*, disposées de façon à former un joint universel étanche, permettent de faire descendre les cendres, passer les scories entre les barreaux, secouer les barreaux et, les faisant pivoter autour de l'axe *m*, dégager les scories qui peuvent adhérer à ces barreaux, enfin pousser ces scories vers le joint hydraulique. On utilise, à cet effet, les regards de verre et mica situés au-dessus de ces lances. Le joint universel des lances peut être complété de différentes manières, notamment par un fourreau spécial fixé par une extrémité aux pièces *q*, en matière non conductrice et, de l'autre, sur la tige de la lance, auprès de la poignée *r*, afin d'assurer l'étanchéité.

Une porte *s* est ménagée au bas du cendrier.

Au-delà de la grille, les scories et le coke entraîné aboutissent à une cuve *t* formant joint hydraulique et par laquelle on peut les enlever au fur et à mesure, et provoquer ainsi la descente du combustible dans le gazogène.

Une pièce en fonte *v*, posée sur le rebord du socle, supporte les produits réfractaires de la cuve.

En *x*, est figurée une grille à barreaux verticaux très larges, effilés et pendentifs, ayant pour simple but de maintenir les scories et de laisser passer le gaz de façon à ce que celui-ci sortant ainsi que l'indique la flèche, soit le moins possible chargé de poussière.

A la suite de ce gazogène, est représenté, dans la figure 148, un récupérateur composé essentiellement d'un serpentin ZZZ, en tube d'acier doux sans soudure, de telle façon qu'il ne puisse, en aucun cas, y avoir communication entre l'air qui circule dans le serpentin et les gaz qui l'échauffent.

L'air pénètre par une ouverture R, munie d'un papillon de réglage, dans une chambre ménagée dans le couvercle du récupérateur, et dans laquelle de l'eau est maintenue à un niveau constant, dans le double but d'empêcher l'échauffement du couvercle C et de mélanger de la vapeur d'eau à l'air.

Le mélange pénètre par la cloche étanche D, circule dans le serpentin Z pour aboutir à la tubulure *f* du gazogène.

Le gaz, qui passe en sens contraire, est dirigé par deux chemises en fonte épaisse E, F, qui l'obligent à envelopper le serpentin, et forment en même temps de puissants volants de chaleur.

Ces deux chemises E, F, reposent sur une grille circulaire G.

Une petite grille HH, en plusieurs segments, posée sur G, empêche les flammes qui aboutiraient au récupérateur d'atteindre le serpentin et égalise la température de ces flammes.

Enfin, tout l'ensemble est maintenu par une chemise réunie à celle du gazogène et l'intervalle est comblé avec des produits non conducteurs figurés en T. Les gaz s'échappent en Q aspirés par un ventilateur.

Dans la figure 150, j'ai représenté un récupérateur sommaire, composé d'un tuyau P fixé au socle du gazogène et dans lequel passe le gaz.

Ce tuyau est entouré d'une chemise en tôle RR, simple-

ment posée sur la bride du tuyau P, avec des échancrures laissant en bas passer l'eau. L'air pénètre dans cette chemise par la tubulure D.

Le plateau S est muni d'une nervure circulaire T dans laquelle de l'eau est maintenue à niveau constant.

Cette eau protège le plateau S contre les coups de feu, rend la jonction du tube P plus étanche et fournit la vapeur d'eau qui sera entraînée avec l'air dans l'espace ZZ, pour aboutir avec lui au gazogène.

Une pièce troncônique V protège, à l'intérieur, le joint du tuyau P.

Ce récupérateur pourrait être formé de plusieurs tubes P, réunis dans une même chemise R et celle-ci extérieurement protégée.

J'ai indiqué, ainsi, un deuxième récupérateur, moins puissant, mais moins encombrant et moins onéreux pour les installations où le rendement n'est pas d'une importance capitale.

Ce gazogène est particulièrement étudié pour les moteurs à gaz.

Pour le chauffage des fours, où il faudrait que le gazogène soit accolé au four, on devrait déplacer le récupérateur et réchauffer l'air primaire avec les fumées sortant du four.

Ce serait une solution que l'on ne peut pas obtenir avec les gazogènes Dowson, parce que l'air primaire, étant trop réchauffé, la température s'élève aux grilles qui brûlent.

Il est d'autant plus heureux de pouvoir ici élever cette température, que le rendement industriel d'un gazogène augmente rapidement avec celle-ci.

C'est certainement du bon réchauffement de l'air primaire que l'on doit attendre les perfectionnements les plus avantageux des gazogènes, surtout pour le chauffage industriel.

GAZOGÈNE DE LA SOCIÉTÉ ANONYME POUR LA PRODUCTION ET L'EMPLOI DE LA VAPEUR SURCHAUFFÉE

Ce gazogène est assez original.

On pourrait le définir en disant qu'il est à combustion horizontale.

Ce qui le distingue, en effet, essentiellement des autres, c'est que la prise d'air est centrale et au même niveau que les orifices d'échappement des gaz, de sorte que, si l'air choisit le trajet le plus court, il se déplacera horizontalement. On voit, dans la figure 152, en 3, la tubulure centrale de production de l'air qui peut être visitée par le bouchon 21.

Cette tubulure est protégée par une conduite annulaire 8,8, qui soutient la première et repose elle-même sur le sommet de la cuve en fonte du gazogène, ainsi que le montre la figure.

Cette conduite est percée d'orifices visibles, notamment en 7,7, qui permettent au gaz produit extérieurement de pénétrer dans l'espace annulaire.

Au reste, la figure 152 montre l'ensemble du gazogène qui se compose d'une cuve réfractaire 15, entourée de l'enveloppe 14.

On voit aussi, en 16, une grille troncônique et, en 17, une grille mobile qui vient compléter la première et qui peut être secouée, de haut en bas, par un levier 18, de façon à faire tomber les cendres.

Enfin, ce qui peut être considéré comme la pièce principale, c'est une chambre centrale constituant, en somme, une réserve de combustible très vaste, formée de deux troncs de cône réunis par leur petite base et où le charbon est introduit à la partie supérieure par plusieurs trémies 23, fermées à vis par les procédés ordinaires.

La paroi, en fonte épaisse, figurée en 1, sépare donc le charbon des gaz, qui sont recueillis et, comme l'air ne peut

pas pénétrer dans la capacité 6, on comprend facilement que le charbon ne peut que distiller.

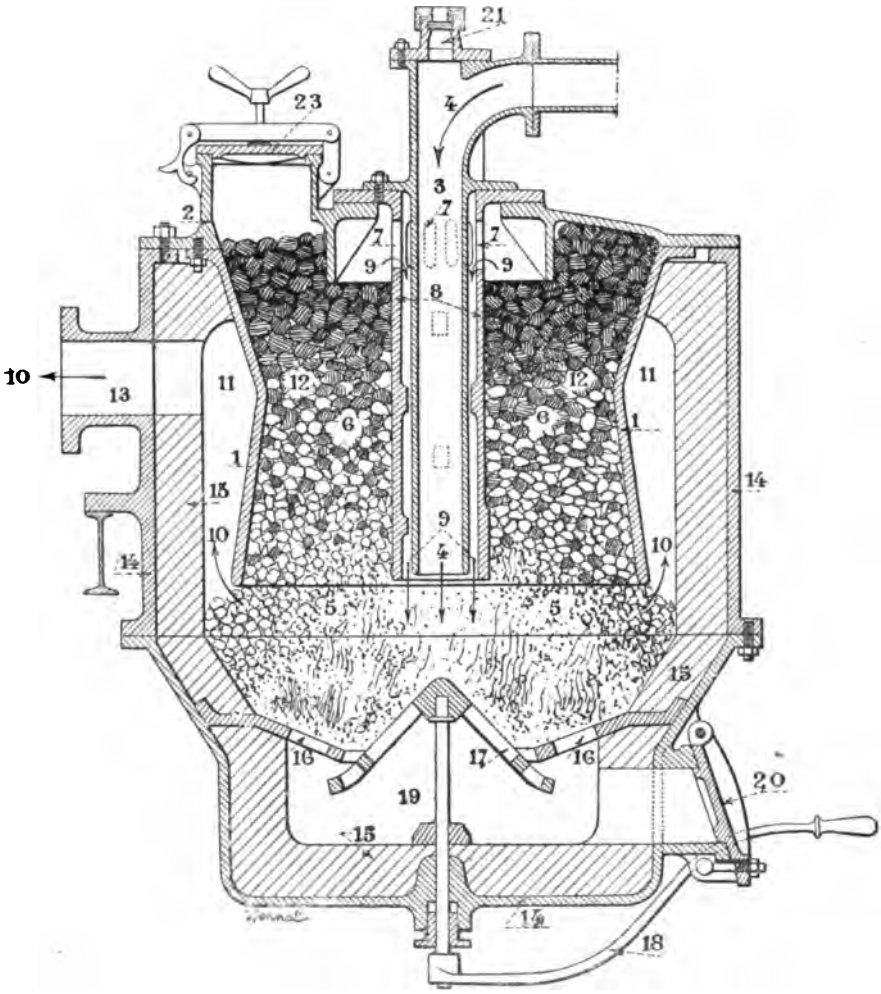


Fig. 152. — Coupe verticale du gazogène de la Société anonyme pour la production et l'emploi de la vapeur surchauffée.

Les inventeurs estiment que les gaz de distillation suivront les flèches 9, sortant autour de l'air qui suit les flèches 4. pour traverser, en 5, le charbon à haute température et s'échapper suivant les flèches 10.

Ils pensent encore que ce passage des gaz de distillation autour de la tubulure centrale refroidira celle-ci, ou, au moins, l'empêchera de brûler.

J'avoue, pour ma part, que je ne vois pas du tout pourquoi les gaz de distillation viendraient dans cet espace annulaire et ne s'échapperaient pas plutôt par le bas du cône de l'enveloppe 6,6.

Il y aurait à craindre, en ce cas, qu'ils franchissent une épaisseur trop faible de charbon rouge et s'échappent sans transformation, avec le gaz pauvre.

D'autre part, il n'y a pas de motif, il me semble, pour que ce gaz de distillation soit plus froid que l'air, et je crains fort que, dans un semblable appareil, la tubulure centrale, au moins dans sa partie basse, ne soit rapidement brûlée. Enfin, je crains que l'évacuation des cendres se fasse difficilement et que celles-ci entraînent avec elles une quantité importante de charbon non brûlé, ce qui se produit toujours quand il n'y a pas arrivée directe d'air sur la grille.

Ceci dit, ce gazogène est inventé tout récemment. Il sera probablement transformé et perfectionné quand on l'utilisera. Il n'y a qu'à louer le dispositif consistant à choisir la prise d'air centrale et l'idée d'avoir une grande réserve de charbon dans le gazogène.

C'est le moyen le plus sûr d'échauffer celui-ci progressivement et d'avoir du gaz de richesse très constante, puisque le chargement des trémies n'a qu'une influence négligeable sur l'allure du gazogène, ce qui est tout différent quand on charge le charbon à proximité de l'orifice de départ des gaz.

CHAPITRE XI

LES GAZOGÈNES A DEUX CUVES

J'ai montré comment on peut traiter les combustibles chargés en produits volatils par la combustion renversée.

Un autre procédé a été employé, qui semble donner d'aussi bons résultats et qui peut permettre peut-être de traiter même des combustibles qui semblent d'un emploi encore plus difficile.

Il suffit, en effet, d'avoir deux fourneaux placés côte à côte et réunis par un carneau, de telle façon que les gaz brûlés dans le premier circulent de haut en bas dans le second et de faire fonctionner alternativement ces deux fourneaux, tantôt en combustion directe, tantôt en combustion renversée.

L'on a ainsi un procédé certain, le seul procédé certain, de réchauffer le coke contenu dans la deuxième cuve, et le gaz, en traversant celle-ci, rencontre des couches de plus en plus chaudes.

J'appelle ces gazogènes, gazogènes à deux cuves.

GAZOGÈNES THWAITE

M. Thwaite a imaginé un gazogène semblable, spécialement pour l'emploi des combustibles riches en matières volatiles telles

que les lignites, les charbons bitumeux. Il consiste en deux cuves, l'une où la combustion se fait de bas en haut et dont les gaz sortent par le sommet de la cuve, emportant avec eux tous les produits carburés et la vapeur d'eau de la distillation.

L'autre cuve est remplie de coke, maintenu au rouge, que les gaz traversent de haut en bas.

Il se produit, là, la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone, la transformation de la vapeur en hydrogène et oxyde de carbone et la décomposition des carbures fournissant, elle aussi, de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone.

Bien entendu, une certaine proportion d'acide carbonique subsiste et même se forme dans ces opérations, variable suivant la température et l'épaisseur de la colonne de coke.

Pour obtenir la haute température de cette colonne, où la plupart des réactions sont endothermiques, M. Thwaite emploie deux procédés différents.

Il peut faire fonctionner l'appareil en marche réversible.

C'est certainement la solution la plus pratique, mais on y trouve les inconvénients du renversement de marche.

Il faut, en ce cas, un gazomètre de grande dimension pour que le gaz employé soit de composition à peu près constante.

Quand il s'agit de fours, on est obligé, pour obtenir ce résultat, de renoncer à envoyer directement le gaz du gazogène au four.

Dans cet appareil, il y a deux cuves semblables, réunies par le haut. L'air vient au bas de l'une et les gaz sortent au bas de l'autre, un peu au-dessus de la grille.

Quand la combustion s'est faite pendant un temps suffisant, tout le combustible est à l'état de coke rouge dans la première cuve ; la température de la seconde cuve s'est fortement abaissée. On renverse alors la marche, de façon à introduire l'air dans la seconde cuve et que les gaz trouvent, dans la première, du coke à haute température.

La seconde disposition est essentiellement différente.

Il y a toujours deux cuves, mais c'est toujours dans la même que se fait la combustion et où est introduit le combus-

tible à traiter, tandis que la seconde est chargée de coke et qu'il ne s'y produit que les phénomènes de réduction.

Pour maintenir la haute température dans cette seconde cuve, on introduit au haut de la première une seconde prise d'air, qui se joint au gaz de distillation et au gaz formé, brûle avec eux, formant, en quelque sorte, un jet de chalumeau dans la seconde cuve.

Dans les deux cas, il convient que le passage des gaz, d'une des cuves à l'autre, se fasse à haute température et, pour empêcher le refroidissement, qui pourrait être occasionné par l'ouverture des trémies de chargement, M. Thwaite installe, entre ses deux cuves, une large conduite en briques à joints alternés, formant régénérateur et maintenant une température constante au gaz qui passe d'une des cuves à l'autre. Ce sont les briques de ce régénérateur qui supportent le coup de feu causé par la deuxième introduction d'air, au grand bénéfice du fonctionnement de l'appareil.

M. Thwaite déclare que ces procédés lui ont permis d'employer des combustibles contenant 30 0/0 de produits volatils et 27 0/0 de cendres, qu'il obtient un gaz très peu chargé d'acide carbonique et qu'il récupère la plus grande partie des chaleurs perdues au cendrier.

Les figures 153, 154, représentent le gazogène à marche réversible.

On y voit que les deux cuves, qui sont d'une très grande hauteur, puisque la couche de combustible est généralement de 4 à 6 mètres, sont réunies à trois hauteurs différentes. On voit d'abord les deux conduites 17, dont l'une est toujours fermée, qui permettent d'amener l'air au-dessous et autour de la grille. On voit ensuite, quand l'air a traversé le combustible, le large passage carré 4, 4, dans lequel des briques réfractaires sont disposées en chicanes et qui permettent au gaz de la cuve 2, suivant la disposition des vannes, de passer dans la cuve 1.

Enfin, par les orifices 16, 16, placés de $0^m,75$ à 1 mètre au-dessus des grilles et aboutissant à la chambre annulaire 15, 15,

sort le gaz combustible par deux conduites, dont l'une est constamment ouverte et l'autre constamment fermée.

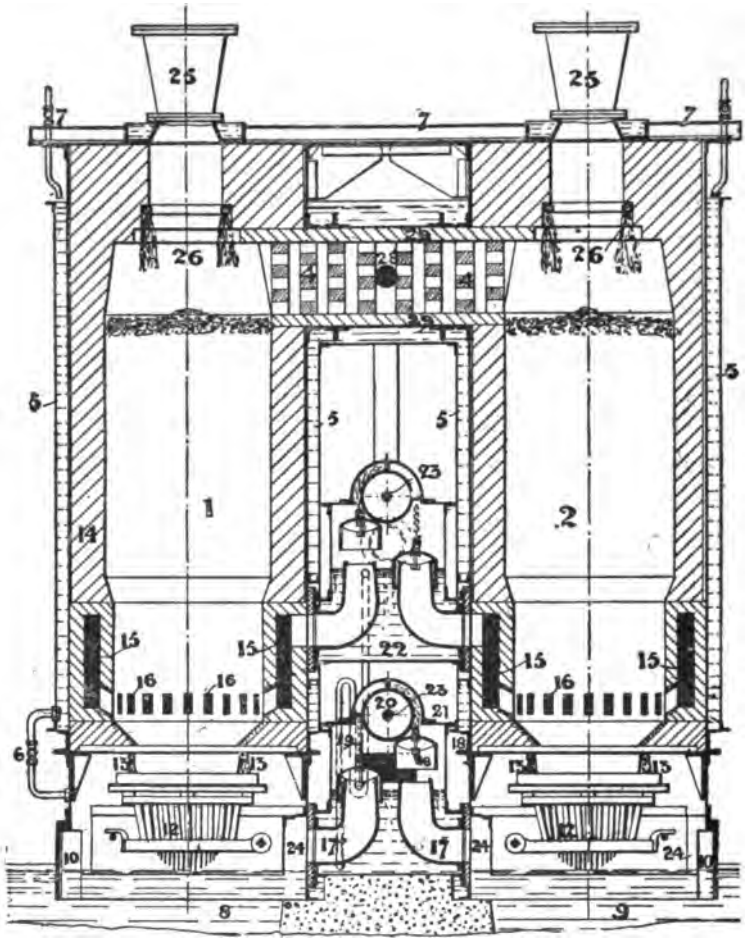


Fig. 153. — Gazogène Thwaite à deux cuves et à marche réversible. Coupe par les deux cuves.

Les conduites d'entrée d'air et les conduites du départ des gaz sont absolument analogues. Toutes les quatre affleurent sur un bain d'eau et des chapeaux formant vannes hydrauliques, sont, soit levés, soit abaissés dans l'eau, de façon à

constituer une fermeture étanche. Ces sortes de vannes sont disposées, comme le montre la figure 153, de façon que, dans

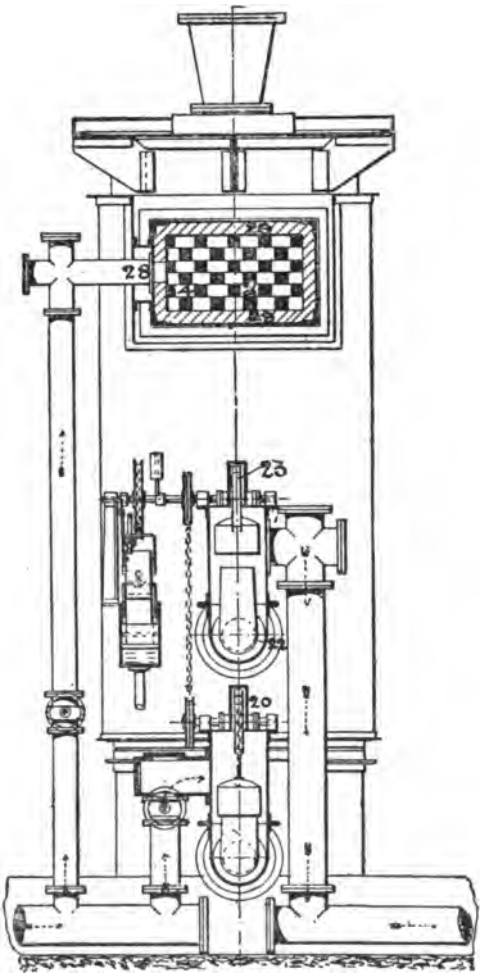


Fig. 154. — Coupe en travers.

chaque paire, lorsque l'une est ouverte, l'autre se trouve fermée et les deux paires sont rendues solidaires par une chaînette, de telle manière que lorsque l'air aboutit à la cuve 1, le gaz sort de la cuve 2.

M. Thwaite a imaginé un dispositif ingénieux, représenté

figures 155 et 156, pour obtenir une manœuvre hydraulique de ses vannes.

On voit, en 80, l'arbre qui fait mouvoir les deux poulies solidaires réunies par une chaînette croisée qui entraîne les vannes.

Une autre poulie 71 est montée sur cet arbre et, grâce à une chaînette 70, entraîne deux bennes à fond cylindrique 68

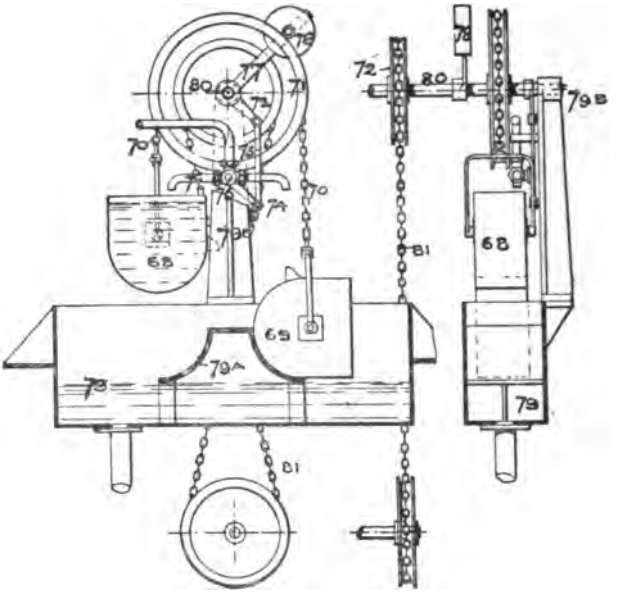


Fig. 155 et 156.

et 69. On voit, de même, en 75, un robinet à trois voies qui permet à une conduite d'eau d'envoyer celle-ci couler, soit au-dessus de la cuve 68, soit au-dessus de la cuve 69. Ce robinet est commandé par un levier coudé 73, 74. Enfin, l'arbre 80 porte encore un contrepoids 78, et une monture 79B le relie à une benne 79, où viendra aboutir l'eau chargée dans les bennes 68 et 69.

Il est facile de comprendre comment le mouvement alternatif est produit. Dans la disposition de la figure, l'eau s'écoule

dans la benne 68. Celle-ci est maintenue sur le galet 71 par le poids de la chaînette 70 et du contrepoids 78.

Quand la quantité d'eau chargée en 68 sera suffisante, la caisse sera entraînée, l'arbre 80 tournera, ainsi que le galet 72, et le renversement de marche s'effectuera.

Pendant cette opération, la benne 69 remontera dans une position symétrique à celle qu'occupait la benne 68, la benne 68 sera basculée par la pièce 79 A qui est disposée en conséquence, la benne se videra, mais le contrepoids 78, qui sera de son côté, maintiendra la stabilité. Les leviers 73 et 74, entraînés par le même mouvement, auront fermé l'eau du côté de la benne 68 pour l'ouvrir sur la benne 69, de façon à ce qu'un mouvement inverse se prépare.

Le gazogène de M. Thwaite se signale encore tout particulièrement par l'originalité de la disposition de la grille.

On en voit le détail dans les figures 157 et 158.

Les étalages 99 s'appuient sur une pièce en fonte 96, qui est elle-même soutenue par un épaulement 97, rivé sur le sol du gazogène.

Le combustible est en contact direct avec la fonte de la pièce 96, qui se recourbe en formant la partie inférieure de l'étalage.

Comme cette pièce chaufferait beaucoup, de l'eau est amenée dans la conduite circulaire 100 et, par des trous latéraux percés dans cette conduite, elle vient, en une série de jets, refroidir extérieurement cette chemise en fonte.

Une cornière circulaire, fixée à la partie inférieure de la pièce 96, qui forme plateau annulaire, retient l'eau en une sorte de rigole pour refroidir d'une manière plus parfaite.

Au-dessous de cet étalage métallique, qui est plein, le combustible est soutenu par une série de barreaux de grille disposés en tronc de cône, dont la partie supérieure est accrochée à une pièce boulonnée 105, et dont la partie inférieure est réunie dans un anneau 108.

Il est peu à craindre que ces barreaux de grille 107 viennent à brûler, puisqu'ils se trouvent ainsi réunis à deux couronnes,

dont la première est refroidie par l'eau qui séjourne dans la rigole circulaire placée au bas de la pièce 96 et par les boulons d'attache qui sont eux-mêmes traversés par l'eau, ainsi que la figure le montre, grâce aux canaux intérieurs 103.

Les barreaux inclinés sont encore refroidis à leur partie

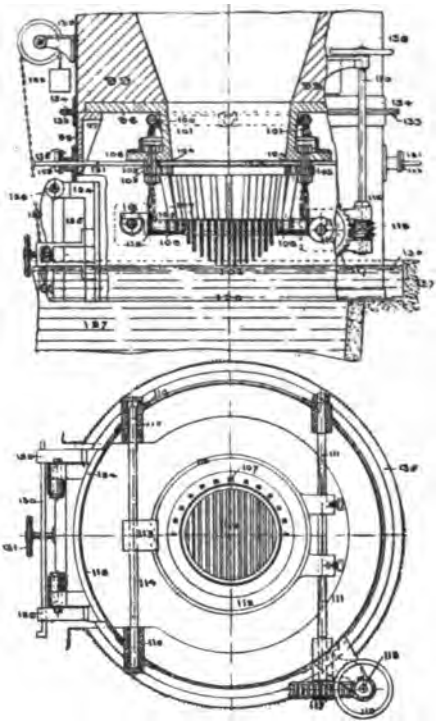


Fig. 157 et 158. — Coupes verticale et horizontale des grilles et du cendrier.

inférieure, parce que l'anneau 108 auxquels ils se réunissent est plongé lui-même dans l'eau maintenue dans une rigole circulaire 102, où aboutit l'eau qui a traversé les boulons 105.

Cette rigole 102 fait partie de la grille plate, qui forme le fond du gazogène.

Cette grille 109, dont les barreaux sont extrêmement épais, est composée non seulement de la rigole et des barreaux, mais de deux bras percés de trous, à section carrée, traversés

par une barre 110 qui maintient la grille, ainsi qu'il est indiqué sur la droite de la figure et la rend solidaire du mouvement de rotation qui pourra lui être imposé.

C'est donc une grille à charnière.

Elle repose de l'autre côté, par un large doigt 113, sur une barre ronde 114 qui, elle-même, est guidée et soutenue par deux douilles 115, d'où on peut l'entrer ou la sortir.

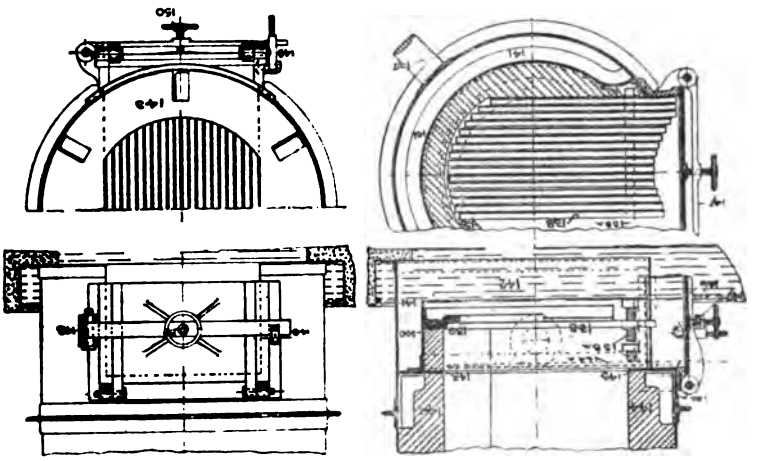


Fig. 159, 160, 161, 162. — Autre disposition de grille et de cendrier.

Quand on veut décrasser la grille, il suffit d'ouvrir la porte 124, fermée par une charnière 126 et une vis 131.

Ensuite, au moyen du volant 132, agissant par l'arbre 119 sur la vis 118, engrenant avec la roue dentée 117, on fait légèrement tourner l'arbre 111 et la grille 109 qui en est solidaire, de façon à dégager la tige 114.

Il suffit alors de tourner à nouveau le volant en sens contraire, de laisser la grille s'ouvrir suffisamment pour pouvoir faire sortir les mâchefers qui l'obstruent, puis de la relever, de replacer la tige 114, sur laquelle elle peut s'appuyer naturellement pour une nouvelle période de marche.

Cette disposition est très ingénieuse.

Les figures 159, 160, 161 et 162 représentent une autre

disposition de grille au cas de l'emploi du coke ou de l'anthracite, quand la cuve ne se termine pas en étalage et que sa partie inférieure est cylindrique.

La grille se compose alors d'une série de barreaux 138, qui appuient, d'une part, sur une barre transversale 138 A et, d'autre part, sur une pièce circulaire 139, qui soutient en même temps la base de la chemise réfractaire.

Ces barreaux aboutissent aux environs de la porte à charnière, dont le détail est indiqué en 146, 147, 148, 149 et 150.

Les figures 163, 164 et 165 montrent aussi un ingénieux

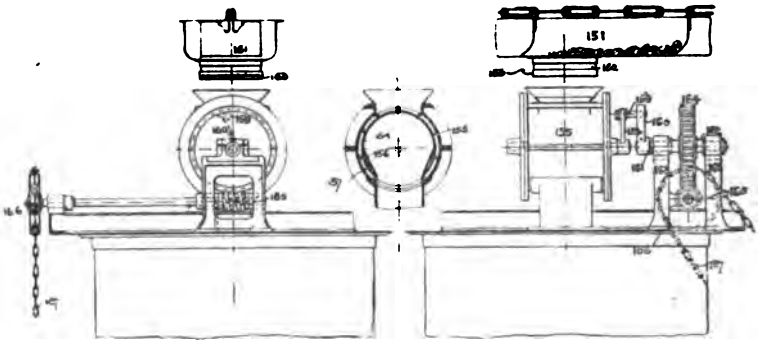


Fig. 163, 164, 165. — Détails du dispositif étanche de chargement.

dispositif pour obtenir le chargement automatique du combustible, tout en conservant l'étanchéité de la trémie. On voit, en 151, l'arrivée du combustible par un transporteur, qui le fait tomber dans une trémie.

Celle-ci surmonte un barillet 155, dans lequel tourne constamment un cylindre mobile 154, qui est au contact de l'enveloppe 155 par une série de nervures, qui assurent l'étanchéité de l'enveloppe.

Le mouvement est transmis par une manivelle et provient de l'arbre 162 entraîné par le galet 164, que fait mouvoir la vis 165 solidaire, par un galet 166, du mouvement de la chaîne 167.

Le cylindre 154, creux à l'intérieur, est ouvert entre deux

génératrices, de sorte que, si l'ouverture est au-dessous de la trémie, il se remplit de charbon ; puis il fait un demi-tour pour vider le charbon dans le gazogène, comme l'indique la figure 164 et, après un autre demi-tour, il se remplit à nouveau du charbon accumulé dans la trémie.

Le détail de cette disposition est très visible dans les figures.

On peut facilement imaginer ce qui se produit dans les grandes cuves disposées comme celles du gazogène de M. Thwaite.

Au-dessus de la grille, il y a une zone où le charbon est incandescent sur $2^m,40$ à $2^m,70$ de hauteur, ce qui fait que la prise de gaz étant environ à $1^m,30$ de la grille, il y a de $1^m,10$ à $1^m,40$ de charbon rouge à traverser par les gaz qui s'échappent.

C'est pourquoi la réduction est toujours assez complète et il y a peu d'acide carbonique dans les gaz.

Au-dessous de cette couche incandescente, il y a du charbon de moins en moins chaud qui distille et, dans la première cuve, les gaz de distillation sont entraînés avec les produits de la combustion.

Enfin, en arrivant auprès de la trémie, on rencontre le charbon nouvellement chargé, qui est à une température relativement basse de 100 à 200° et donne de la vapeur.

C'est ce mélange de gaz, de goudron et de vapeur, réchauffé ou non par une seconde addition d'air, qui vient dans la deuxième cuve, la traverse de haut en bas et s'y transforme.

Comme dans cette cuve, au moins dans les couches basses, il n'y a plus que du coke au rouge, le gaz est nettoyé, ne contient plus de goudron et, si l'appareil Thwaite est un peu plus compliqué avec sa double cuve, il ne nécessite, en tout cas, aucun épurateur autre que des filtres à sciures de bois, qui retiennent les poussières entraînées.

M. Thwaite ne peut fixer la durée des périodes après lesquelles il faut renverser la marche sans connaître la nature du combustible employé. Ces périodes sont d'autant plus fré-

quentes que celui-ci est plus chargé de produits volatils et d'humidité.

Une semblable méthode de gazéification est tellement avantageuse pour l'emploi des combustibles tels que les charbons gras et bitumineux, que l'on a pu, dans de semblables gazogènes, mélanger au combustible des brais, des huiles lourdes, etc.

Ces matières sont versées dans la trémie d'alimentation. Elles se volatilisent presque tout de suite et sont entraînées dans la seconde cuve. On pourrait employer, de même, les pétroles et ce serait une solution d'un gazogène mixte à combustible partie liquide, partie solide.

D'une façon générale, quand les combustibles sont ainsi additionnés ou sont eux-mêmes très riches en produits volatils, la température s'élève peu dans la première cuve. Les réactions qui s'opèrent dans la seconde cuve sont plutôt trop endothermiques et souvent il faut introduire de l'air dans le trajet entre les deux cuves ainsi qu'uil est figuré en 28. Au contraire, quand le combustible est maigre, les températures s'élèveraient trop, et l'appareil chaufferait d'une façon fâcheuse si on n'y remédiait comme dans les autres gazogènes, en additionnant l air de vapeur d'eau provenant du cendrier.

Ce gazogène, à côté d'avantages très considérables, présente l'inconvénient que la marche en est discontinue.

Il se produit ainsi des gaz de qualité variable, d'une façon périodique, suivant la température de la colonne qui sert de colonne de réduction.

Ici un semblable appareil nécessite un gazomètre très important.

M. Thwaite a cherché à installer ces deux cuves, de façon à ne pas avoir besoin de renverser la marche.

C'est ainsi qu'est disposé le gazogène représenté figures 166 et 167 et dont les figures 168, 169, 170 et 171 donnent les détails.

Il est analogue au gazogène que j'ai d'abord décrit, sauf qu'il y a une large rentrée d'air au sommet de la première cuve, de façon à pouvoir brûler les goudrons que produit la

distillation et même une partie du gaz, de façon à réchauffer la seconde cuve.

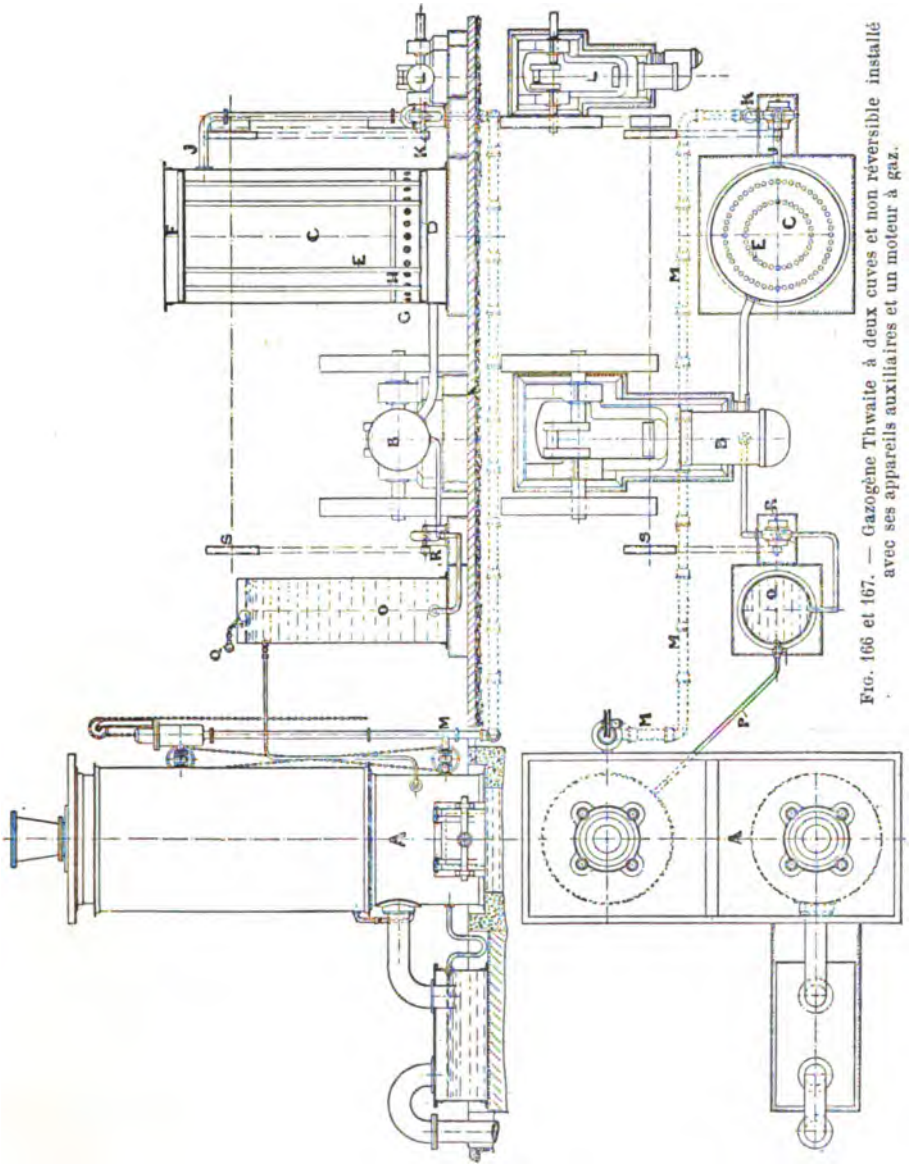


FIG. 166 et 167. — Gazogène Thwaite à deux cuves et non réversible installé avec ses appareils auxiliaires et un moteur à gaz.

Dans ces conditions, on peut même ajouter des huiles lourdes

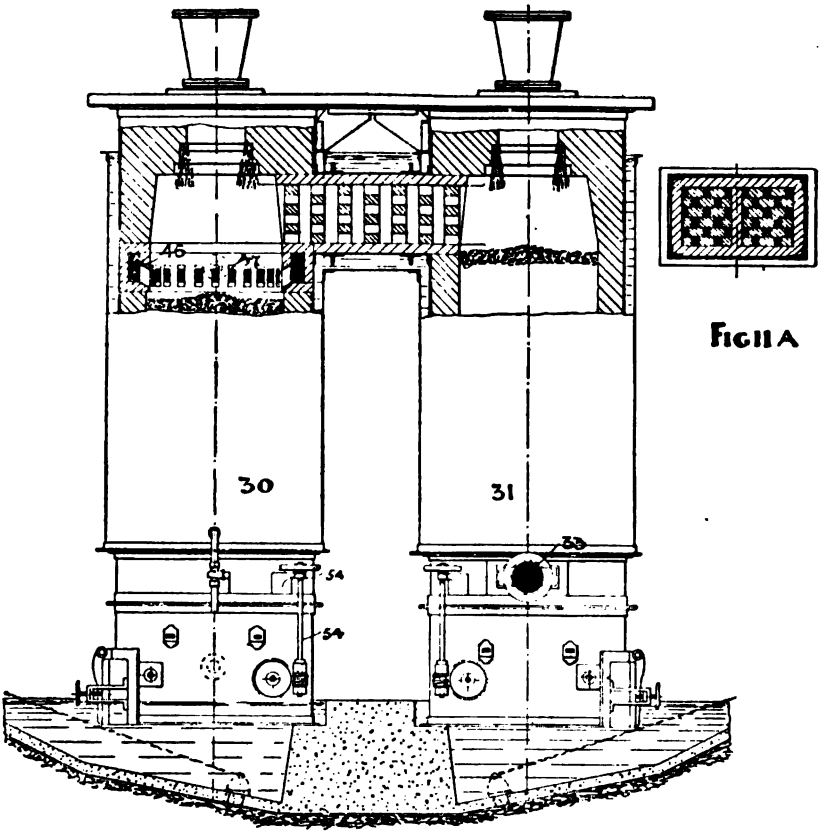


FIG. 168. — Gazogène Thwaite, non réversible, à deux cuves. — Élévation.

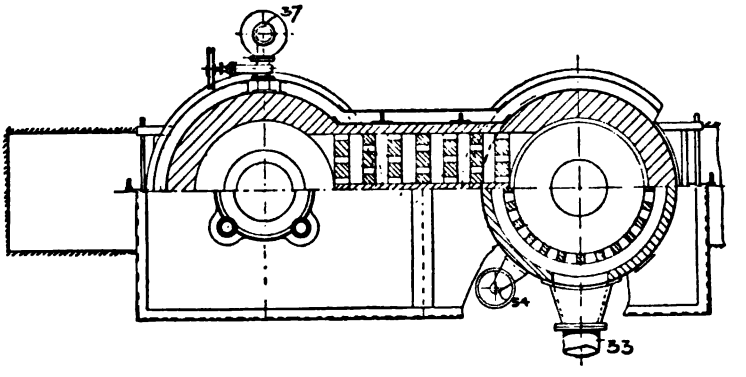
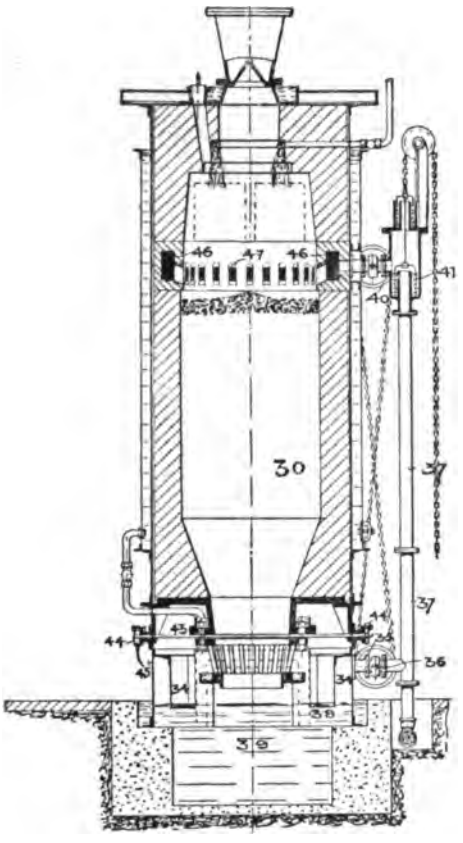


FIG. 169. — Plan.

au combustible sans cesser d'avoir des gaz permanents à la sortie de la deuxième cuve.

M. Thwaite recommande tout particulièrement d'utiliser les chaleurs perdues du moteur à gaz qu'alimente le gazogène et



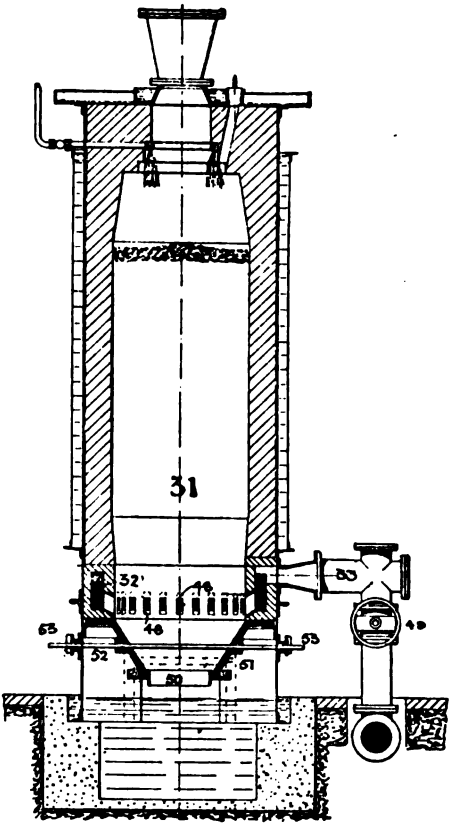


Fig. 170. — Coupe verticale de la cuve de combustion. Fig. 171. — Coupe de la cuve de réduction.

les figures 166 et 167 montrent un dispositif très ingénieux, quoi qu'il me semble bien compliqué et que je craigne que, dans le trajet d'un appareil à l'autre, les quantités de chaleur récupérées ne se perdent en très grande partie.

Le moteur étant représenté en D, on voit la conduite d'échappement des gaz brûlés se rendre en un appareil C, où

l'air destiné au moteur est aspiré par une série d'orifices figurés en G, dans une boîte contenant des tubes que traversent les gaz brûlés. L'air destiné au moteur est ainsi réchauffé. Un exhausteur K, entraîné par un moteur auxiliaire L, l'envoie, par la conduite M, qui est enfouie dans le sol pour être mieux protégée, jusqu'au gazogène où s'effectue la combustion.

En O, est figuré, d'une façon analogue, un appareil où vient aboutir l'eau de circulation du moteur, eau à environ 80°, qui convient tout particulièrement à fournir de la vapeur sans grande dépense.

Une conduite va de l'appare:l O au cendrier.

On trouve, dans les publications de M. Thwaite, des analyses, qui montrent, d'une façon très précise, l'influence de la marche à haute température, avec de l'air sec, ou, à basse température, avec de l'air fortement chargé de vapeur.

Deux échantillons de gaz ainsi analysés par le professeur Vivian B. Lewes donnent, l'un :

Hydrocarbures	4,10	0/0
Hydrogène	7,33	0/0
CO	17,16	0/0

et l'autre :

Hydrocarbures	0	0/0
Hydrogène	3,3	0/0
CO	24,0	0/0

En maintenant une allure régulière, ce qui est facile avec le renversement de marche automatique, on peut obtenir du gaz de composition absolument constante, beaucoup plus régulière que celle du gaz de ville.

En outre, si l'on choisit la température ni trop haute, ni trop basse, on peut, comme dans les gazogènes à combustion renversée, laisser passer un peu de carbures stables, comme le méthane, tout en barrant la route aux goudrons.

Le gaz prend ainsi une odeur caractéristique, qui le rend très préférable aux autres gaz pauvres, notamment à ceux des gazogènes à coke en permettant de sentir les fuites.

Enfin M. Thwaite signale que, si l'on voulait recueillir les goudrons et même l'ammoniaque, il serait facile de modifier l'appareil et de faire traverser les appareils d'épuration aux gaz allant d'une cuve à l'autre sans nuire à la bonne marche.

Un semblable groupe de 300 chevaux a été installé à Birstall, en juillet 1897, et a donné, paraît-il, 81 0/0 de rendement.

Un moteur à gaz de 133 chevaux utilisait ainsi en travail indiqué 18,5 0/0.

La composition des gaz, suivant le combustible employé, qui était un mélange de coke et de charbon bitumineux, a été relevée ainsi :

CO^2.....	3,4	5,1
CO.....	27,8	24,0
H.....	5,5	7,4
CH^4.....	1,9	1,3
N.....	61,4	62,2
	100,0	100,0

Il est évident que les appareils à double cuve de M. Thwaite sont d'un très grand intérêt et donnent une solution certaine pour l'emploi de combustibles, qui ne pourraient pas convenir dans les gazogènes ordinaires.

GAZOGÈNE BALDAUFF

Ce gazogène a été breveté tout récemment.

Il n'a pas encore été construit, à l'heure où j'écris cet article ; aussi, je me contenterai de reproduire sa description presque textuellement d'après le brevet.

La figure 172 est une coupe verticale sur l'axe des deux cuves.

La figure 174 est une coupe verticale sur l'axe de l'une d'elles, dans le sens perpendiculaire à la coupe précédente.

Les figures 173, 175, sont des sections horizontales à différentes hauteurs.

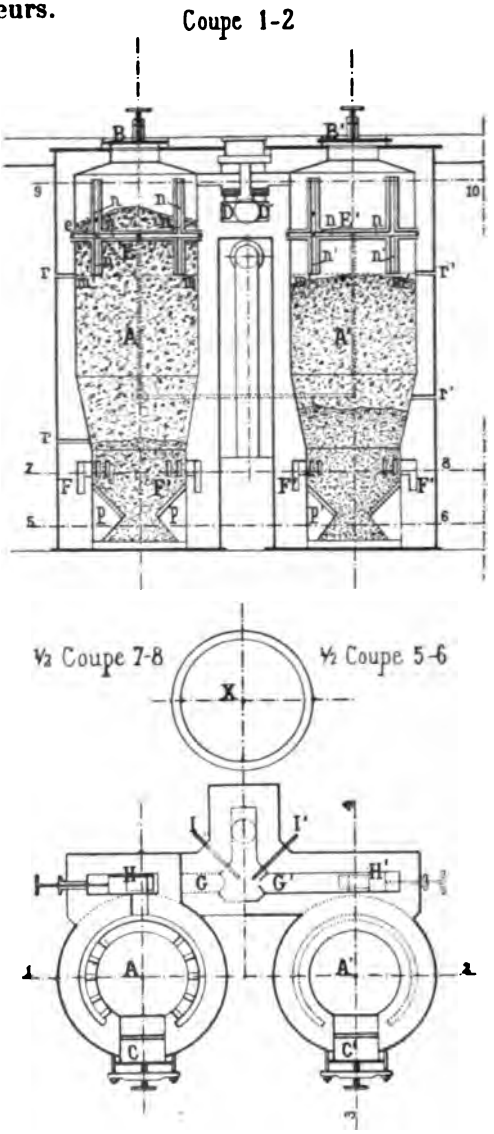


Fig. 172, 173. — Gazogène Baldauf. — Coupes verticales et horizontales.

Les cuves A, A′ sont semblables avec porte de chargement BB′, porte de foyer CC′, à fermeture étanche.

Chaque cuve comporte :

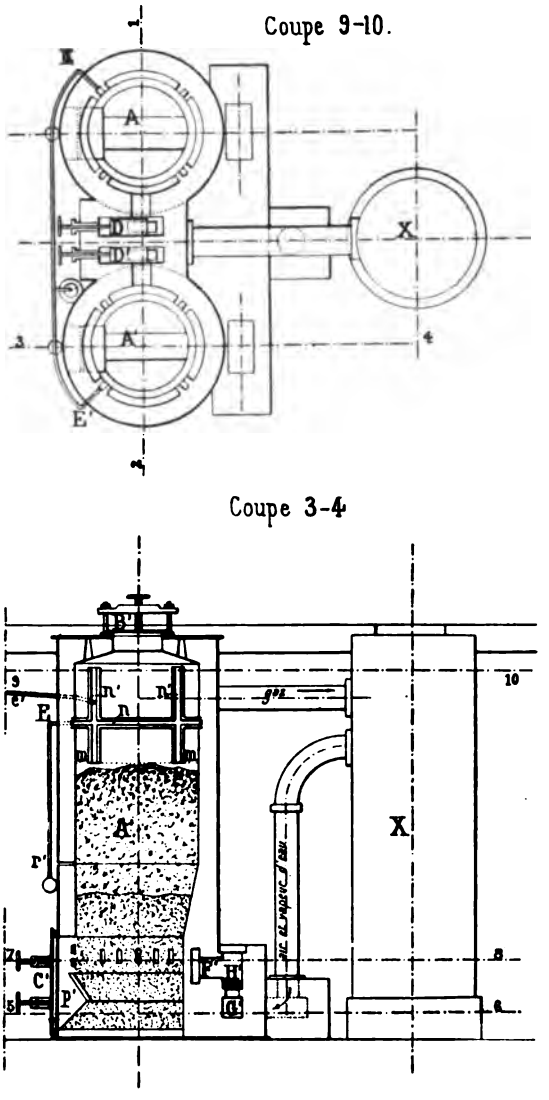


FIG. 174 et 175. — Gazogène Baldauf. — Coupes et vues.

1° A sa partie supérieure, une tubulure de sortie des gaz, commandée par un registre à fermeture étanche DD';

2° Également vers la partie supérieure, une entrée d'air, soufflé ou aspiré, EE′, commandée par un robinet. Afin que l'air ainsi amené puisse se répandre, sans perte de pression, autour du combustible à distiller, il aboutit à une série de rigoles *nn*, *n′n′* disposées sur le pourtour de la paroi et faisant corps avec elle ;

3° A sa partie inférieure, un système de carneau FF′, mettant en communication avec une chambre GG′, appelée chambre de combustion, mais ladite communication pouvant être interceptée par un registre HH′.

La chambre de combustion peut être en forme de canal, réunissant entre elles les cuves. C'est elle qui reçoit, sous une pression convenable, en un ou plusieurs points, le mélange d'air et de vapeur d'eau destiné à la formation du gaz. Dans le dessin, ce mélange gazeux est supposé sortir d'un réchauffeur X, où il a été chauffé par le gaz fabriqué sortant du gazogène.

Ceci posé, voici le fonctionnement de l'appareil :

Supposons le gazogène A chargé de combustibles frais, le registre supérieur D fermé, une faible quantité d'air entré par le tuyau E, dont le robinet est convenablement réglé.

Par la combustion qui en résulte, il se produit, dans l'enceinte A, une haute température, sous l'influence de laquelle le combustible sera distillé. Les produits gazeux descendent vers le cendrier, traversent les carneaux, le registre H ouvert et se rendent dans la chambre de combustion GG′, où, en présence d'un grand accès d'air, ils sont complètement brûlés. Les hydrocarbures se transforment en vapeur d'eau et en acide carbonique.

Le mélange gazeux, fortement chauffé, se rendra, sous l'influence de la pression ou dépression de régime, à travers le registre H′ ouvert, les carneaux F′ vers l'enceinte A′ où il traversera le coke, résultat de la distillation précédente. Dans la partie inférieure, il se produira une combustion complète grâce à l'oxygène restant dans le mélange ; la vapeur d'eau sera décomposée, et l'acide carbonique sera réduit ; de sorte

que l'on aura un gaz composé de CO, H et N. Ce gaz passera par le registre D′ et n'aura plus qu'à être refroidi et épuré de l'hydrogène sulfuré qu'il pourra renfermer.

Lorsque, dans A, la distillation sera complète, la provision de coke en A′ aura diminué jusqu'au niveau *m′m′*, et la couche de cendres aura augmenté. On fermera l'arrivée d'air E, on ouvrira le registre D et on fermera D′; on fermera, pour quelques instants, le registre H′, on décrassera le foyer A′, et on chargera ce gazogène de combustible frais; après quoi on rouvrira le registre H′ et l'arrivée d'air E′; tout se passera comme il a été dit, mais en sens inverse. Pendant les opérations de chargement et de décrassage du foyer, la production du gaz n'a pas cessé, le gazogène A recevant l'air et la vapeur nécessaire à sa production, les registres H et D′ étant ouverts.

Ainsi, ce gazogène diffère de celui de Thwaite en ce que la combustion dans la première cuve est soufflée de bas en haut, et la réduction de la seconde cuve de haut en bas.

Je ne crois pas qu'il y ait là un avantage, au contraire.

A quoi sert de marcher en combustion renversée, puisque les produits de la combustion doivent être brûlés et, d'autre part, ne vaut-il pas mieux que la réduction se termine précisément dans la partie la plus chaude du combustible?

NOUVEAU GAZOGÈNE RICHÉ

Le nouveau gazogène de la Compagnie du gaz Riché n'a aucun rapport avec les anciens gazogènes à distillation renversée de la même Société et n'est pas imaginé sur les mêmes principes.

C'est encore un gazogène que l'on pourrait intituler à combustion horizontale, quoique je le décrive ici avec les gazogènes à double cuve.

La figure 176, qui est empruntée à un très intéressant article

de M. Briand dans *la Chronique Industrielle*, montre la coupe de ce gazogène.

Les 2 figures 177, 178, proviennent d'un article non signé qui a paru dans *la Revue Industrielle*. Elles représentent l'ins-

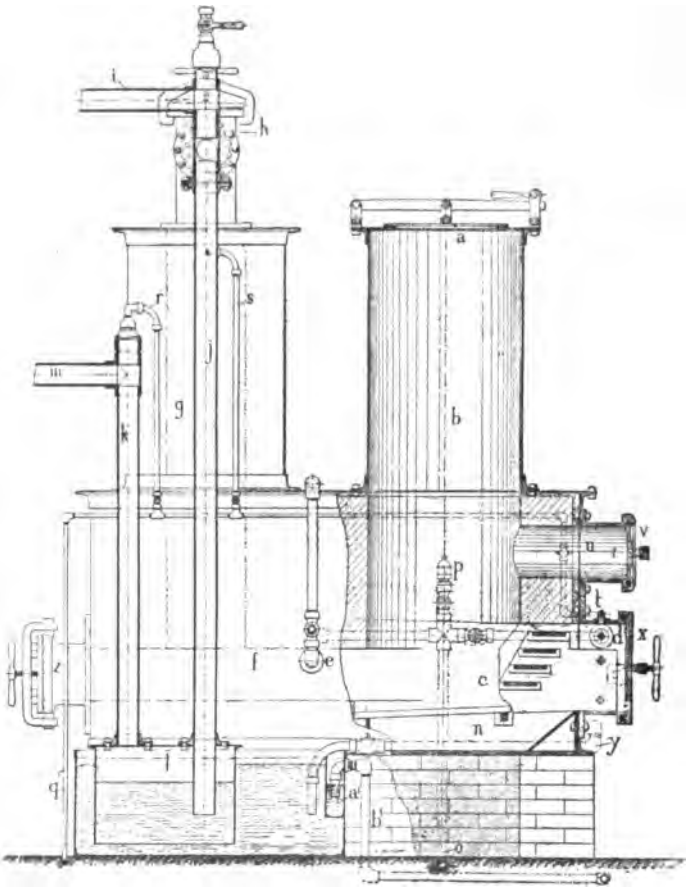


Fig. 176. — Nouveau gazogène Riché. — Élévation et coupe du gazogène.

tallation complète d'un nouveau gazogène Riché avec ses appareils auxiliaires alimentant un moteur à gaz.

Le combustible est chargé dans une trémie *a*, d'où il se rend dans une cuve non protégée *b*, qui le tient en réserve, et lui permet de s'étager doucement sur la grille inclinée *c*.

C'est sous cette grille que pénètre l'air primaire, qui aboutit en *d* et, comme le gaz sort en *h*, le mouvement de l'air néces-

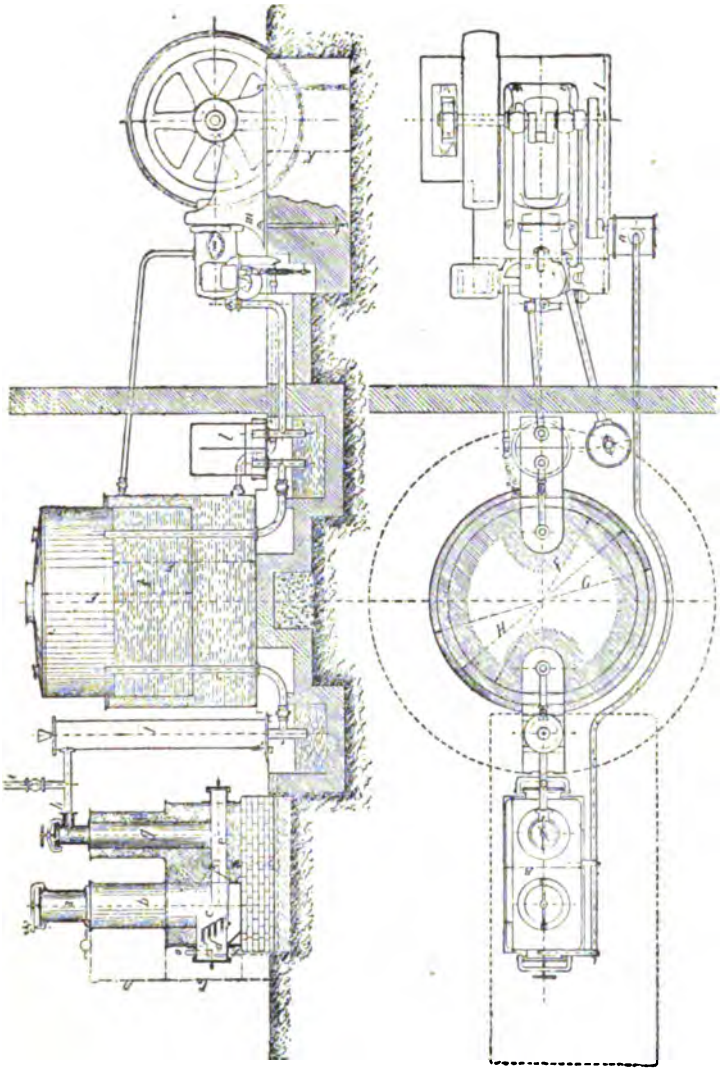


Fig. 177 et 178. — Élévation et plan d'un gazogène Riché installé avec un moteur.

sairement est horizontal, ainsi que la combustion, pendant tout le trajet *de*.

Les gaz de la combustion traversent une cuve cylindrique *g*, protégée par une enveloppe isolante, et dans laquelle on a mis,

au préalable, du coke ou du charbon de bois, de façon à réduire les gaz.

Ce gazogène rentre donc dans la catégorie des gazogènes à deux cuves et ne présente, en somme, qu'une particularité, dont la qualité est éminemment discutable, c'est que l'air ne traverse qu'une très petite couche du combustible, puisque la combustion ne se fait, en somme, que dans la section horizontale de la première cuve, auprès de la grille.

Quant à la réduction, c'est une réduction d'un genre singulier, car on déclare dans l'article précité de *la Revue Industrielle* que la consommation de coke, ou de charbon de bois, est presque nulle, alors que la réduction de l'acide carbonique brûle autant de carbone qu'il en a fallu consommer pour produire le gaz lui-même.

Il serait d'ailleurs heureux que la réduction de l'acide carbonique se fasse ainsi peu ou point, parce que, autrement, la colonne *g* serait rapidement encombrée de cendres et que, à part un tampon au bout du carneau *e*, je ne vois pas par quel moyen on pourrait évacuer ces cendres.

Ce qu'il y a de plus probable, c'est que le coke, qui est dans la colonne *g*, s'échauffe nécessairement au contact des flammes qui y arrivent. Cette colonne de coke est ainsi portée au rouge, au moins dans sa partie basse, et les goudrons, qui la traversent, tendent à se décarburer et à se transformer en carbures d'hydrogène stables et volatils, qui constitueront un bon gaz pour le chauffage ou la force motrice.

Toutefois les premiers essais, paraît-il, n'étaient pas satisfaisants avec les combustibles chargés de produits volatils, pour lesquels ce gazogène a été inventé. La colonne de coke n'agissait pas suffisamment, et les goudrons la traversaient.

Cela tenait évidemment à la trop basse température des fumées. Aussi M. Riché a-t-il fait, comme d'autres avant lui, notamment comme M. Thwaite, et a-t-il amené, en *f*, une seconde rentrée d'air pour brûler les goudrons.

Les gaz font alors chalumeau, chauffent mieux la colonne de coke et, paraît-il, le résultat est bon.

Je n'ai pas trouvé, dans l'article, où j'emprunte ces dessins, l'analyse du gaz produit. On annonce qu'il fournit de 1.400 à 1.800 calories, ce qui n'a rien d'extraordinaire, vu la forte proportion de méthane qui doit être entraînée, et aussi la quantité suffisante de goudrons qui doit traverser.

On déclare aussi que la récupération de la chaleur perdue par les gaz qui sortent est parfaitement inutile, parce que cette chaleur ne représenterait que 8 0/0 du pouvoir calorifique total.

Huit 0/0 n'est cependant pas négligeable, surtout lorsqu'on a affaire à de bons gazogènes, qui donnent 80 et même 85 0/0 de rendement. C'est presque la moitié du déchet que l'on peut retrouver ainsi.

Mais, d'autre part, il ne faut pas oublier que la récupération est surtout utile, parce que la combustion se fait beaucoup mieux avec de l'air chaud, et j'affirmerai même que, pour la bonne marche d'un gazogène, si l'on ne peut pas récupérer assez de chaleur, empruntée aux gaz sortants, il conviendrait souvent de brûler une partie de ceux-ci pour échauffer l'air primaire.

Il est certain, pour moi, que, dans ces conditions, la combustion serait bien meilleure dans le nouveau gazogène Riché.

On comprend facilement qu'elle se fasse mal, car le carneau *e* doit s'encombrer très rapidement de cendres et les gaz, produits sur la grille, traversant un paquet de cendres, avant d'arriver à la colonne, dite réductrice, sont mal placés pour conserver leur température.

Ce gazogène présente, avec l'ancien à distillation renversée, un défaut commun, c'est de nécessiter l'emploi de deux combustibles différents.

Si la colonne réductrice jouait le rôle qu'elle doit jouer, la dépense de coke ou de charbon de bois deviendrait importante, comme dans l'ancien gazogène, la dépense de houille par rapport à celle du bois, et c'est ce qui arrivera certainement quand on emploiera des combustibles chargés d'eau, comme les déchets de bois humide.

Il y a là un inconvénient pratique.

A ces quelques grosses critiques, j'en ajouterai une très légère.

Le gazogène s'appelle autoréducteur, et c'est le seul gazogène que je connaisse, où la réduction se fasse à part, grâce à un combustible différent. Le nom d'autoréducteur est donc pour moi parfaitement mal choisi.

Les appareils accessoires du gazogène sont représentés dans les figures 177 et 178. Ils me semblent avoir peu d'intérêt.

j est une colonne que le gaz traverse, de haut en bas, dans une pluie d'eau destinée à le refroidir.

K est un gazomètre qui, paraît-il, doit nécssairement être très grand, ce qui est contraire aux idées qui s'affirment de plus en plus chaque jour, mais s'explique, si le gaz est irrégulier dans sa composition et qu'il faille le réserver pour avoir une composition moyenne à peu près constante.

Dans l'article précité, on indique qu'il faut un gazomètre d'une demi-heure, soit, pour 100 chevaux, un gazomètre de 150 mètres cubes environ.

C'est tout au moins encombrant; il est à craindre que l'acide carbonique qui existe dans ce gaz, en fortes proportions, ne se dépose, de préférence, dans le bas du gazomètre et que celui-ci ne se trouve, à un moment, plein de mauvais gaz.

Le cas se présente avec le gaz de coke et se présentera *a fortiori*, avec des gaz de bois.

En *l*, est un filtre destiné à sécher les gaz et que l'on remplit de mousse sèche.

En *n*, est le compresseur d'air qui envoie l'air primaire, d'une part, sous la grille, et, d'autre part, en *f*.

Une autre particularité du plan d'installation, c'est que le gazomètre est placé en élévation par rapport au moteur, de façon à ce que l'eau de la cuve puisse être utilisée comme thermosyphon, pour l'eau de circulation du moteur.

C'est une singulière manière de refroidir l'eau d'un thermosyphon que d'y conduire des gaz chauds et de refroidir et sécher les gaz en les menant au-dessous de l'eau chaude.

Ce gazogène est destiné à brûler les combustibles les plus

chargés de produits volatils. On voit, sur la figure 176, la porte de la trémie qui doit être utilisée pour le chargement « des combustibles, tels que le bois, les sciures, les copeaux et déchets organiques de toute nature ».

Au contraire, c'est par le tampon vertical et circulaire, qui est figuré, dans la même photographie, au-dessus de la porte du foyer, que l'on doit charger « les houilles grasses et combustibles bitumineux ».

Ceux-ci ne sont donc pas accumulés, au préalable, dans la colonne *b*, ce qui doit être fâcheux sous bien des rapports.

NOUVEAU GAZOGÈNE DOWSON

Ce gazogène mérite, encore plus que le précédent, le nom de gazogène à combustion horizontale.

Il est aussi, en quelque sorte, à deux cuves et présente des dispositions originales.

Il se compose soit de deux cuves A, B, comme le montrent les figures 179 et 180, soit d'une unique cuve rectangulaire AB, comme le représentent les figures 181 et 182.

Dans tous les cas, l'air est insufflé sous une grille *f*, transversale ou longitudinale, mais toujours disposée dans le sens de la porte de décrassage, c'est-à-dire que, si la grille a ses barreaux posés en long, la porte de décrassage sera elle-même placée dans le sens de la longueur du gazogène, tandis que, si les barreaux sont placés en travers, comme dans les figures 179 et 180, il faudra deux portes opposées sur le côté, pour effectuer le décrassage.

Le mélange d'air et de vapeur est insufflé par un injecteur, ou par une conduite *n*. Il traverse la grille et vient brûler le combustible au-dessus de celle-ci.

Le gaz sort, dans tous les cas, à l'autre extrémité de la chambre, soit au-dessous d'une autre grille *g*, par la conduite

double *hh*, soit sans grille, au-dessus de la sole et à côté d'une porte de décrassage, comme il est indiqué dans les figures 181 et 182, en *hh*.

Il est évident qu'il se dépose des cendres entre la grille *f* et la sortie des gaz, qu'en outre le mouvement de bas en haut,

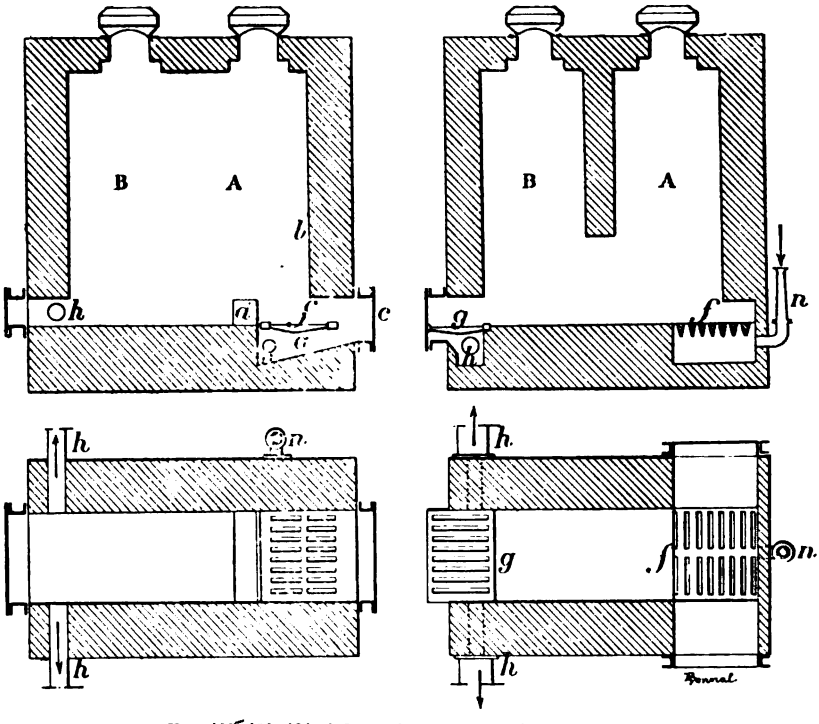


Fig. 179, 180, 181, 182. — Nouveau gazogène Dowson.

qui accompagne l'insufflation de l'air et de vapeur, tend à faire pénétrer le gaz jusqu'au milieu de la hauteur de la cuve AB.

Mais on peut soit empêcher le gaz de monter trop haut, en laissant, comme dans la figure 179, une cloison sur une partie de la hauteur, entre les cuves A, B, soit, comme dans la figure 181, obliger par un autel *d*, le gaz à remonter dans l'intérieur des cuves.

On comprend que, dans ces conditions, il est facile d'être maître de faire suivre au gaz le trajet que l'on préfère, suivant la nature des combustibles employés.

C'est ainsi que l'on peut charger, dans la cuve A, par la trémie, des charbons bitumineux et, en B, des cokes ou des anthracites.

Il se produit ainsi un phénomène analogue à ce qui se passe dans les autres gazogènes.

Les produits volatils de la première cuve sont obligés de traverser le combustible de la seconde cuve.

Ce que l'inventeur semble surtout avoir cherché dans cet appareil, c'est à empêcher le mélange du gaz produit et des gaz de distillation en évitant que la sortie du gaz se fasse à une couche un peu haute où les produits volatils puissent aboutir.

Je ne crois pas qu'il obtienne ainsi un bien bon résultat.

CHAPITRE XII

LES GAZOGÈNES SPÉCIAUX

D'après la définition que j'ai adoptée, le but principal que l'on recherche en établissant un gazogène est la fabrication d'un gaz combustible.

Il peut cependant se présenter des cas où l'on emploie de semblables appareils dans un autre but et où cependant on ne puisse refuser le nom de gazogène à l'appareil, sous prétexte que son application est différente.

C'est ainsi que l'on a songé à utiliser des gazogènes à l'incinération des ordures ménagères.

C'est une question qui est à l'ordre du jour pour la Ville de Paris.

Je ne crois pas que l'on puisse tirer parti des ordures ménagères, en les brûlant, dans des fours, comme la Ville de Paris l'a déjà essayé. Cette opération a même été assez onéreuse.

D'autre part, au contraire, je suis convaincu qu'une Société qui emploie de la force motrice et utilise d'autres combustibles, peut trouver un appoint important dans la combustion des ordures ménagères et peut-être conclure, sur cette base, un marché avantageux.

La combustion des ordures ménagères, mélangées au charbon sur une grille de chaudière, ne donnerait pas, je crois, de bons résultats. L'eau contenue dans les ordures ménagères

s'en irait en vapeur dans les fumées, et il y aurait, là, une perte de chaleur importante. En outre, il y a, dans les ordures des débris de fer, des corps incombustibles, qui encombreraient les grilles.

Il peut en être tout à fait différemment, avec des gazogènes de grande surface, à joints hydrauliques, et marchant en combustion renversée.

Il faut bien comprendre l'économie que les ordures ménagères peuvent apporter, avec l'emploi simultané d'un autre combustible, tel que le charbon.

Dans les essais de combustion des ordures, qui ont été faits à Javel et sur lesquels M. Petsche a fourni un rapport, il a été démontré que ces ordures étaient auto-combustibles, malgré leur humidité, et l'on peut en conclure que, s'il n'y avait pas une proportion importante d'eau, elles constitueraient, en somme, un combustible de richesse moyenne.

La plus grande partie de la chaleur, que fournit cette combustion, est employée à volatiliser l'eau contenue dans le combustible, l'excédent se retrouve dans les chaleurs perdues aux parois, dans celles perdues à la cheminée par le tirage naturel et, là, l'excédent de chaleur est éliminé, sans aucun emploi.

On a bien essayé de le récupérer, en employant les fumées à chauffer une chaudière, mais, comme les gadoues varient de nature, suivant leurs quartiers d'origine, les époques et même les heures où elles sont recueillies, il est pratiquement impossible d'utiliser une énergie fournie d'une façon aussi irrégulière.

Rappelons-nous, au contraire, ce qui se produit, quand on emploie du charbon, dans un gazogène.

Pour 1 kilogramme de charbon, afin de pouvoir utiliser la chaleur produite par la transformation du carbone en oxyde de carbone, on est obligé d'ajouter, à l'air introduit, environ 300 grammes de vapeur d'eau.

Il est certain que, si l'on mélangeait, en proportion convenable, charbon et gadoues, la volatilisation de l'eau, comprise dans les ordures, viendrait utilement remplacer l'appoint de

vapeur que l'on doit ajouter au combustible, de sorte que le pouvoir calorifique de la gadoue desséchée serait entièrement utilisé.

Je viens de citer le cas de l'emploi des gazogènes pour la bonne utilisation de combustibles spéciaux, peut être même simplement pour la destruction sans frais des gadoues.

On a songé aussi à faire des gazogènes fonctionnant à haute température, avec des fondants de façon à recueillir les laitiers.

On sait, en effet, que les laitiers basiques, trempés d'une façon particulière puis broyés et mélangés à la chaux, peuvent fournir un très bon ciment, de fabrication récente, mais déjà employé en grande quantité, surtout pour le béton qui supporte le pavage des rues.

On a pensé même, en choisissant particulièrement les fondants, à faire ainsi du verre ; dans ce cas, on ne produirait pas des verres purs ni incolores.

Dans tous ces cas, on peut brûler une partie des gaz pour réchauffer l'air primaire et réduire ainsi très notablement la consommation du combustible, ou, au contraire, utiliser le gaz produit.

Enfin on peut utiliser d'autres sous-produits. Les hauts-fourneaux, à ce point de vue, sont des gazogènes, où le produit recueilli est la fonte, une partie des laitiers et où précisément les gaz servent, en grande partie, au réchauffage de l'air et doivent même être employés à alimenter les compresseurs et les appareils de manutention.

On peut, au contraire, chercher à utiliser avec des gazogènes, les propriétés spéciales du combustible employé et séparer, des gaz produits, des vapeurs de Grande valeur.

Je citerai, comme exemple, le gazogène Mond et une installation de gazogène Duff.

GAZOGÈNE MOND

Le gazogène Mond, en temps que gazogène proprement dit, ne présente rien de particulier et, si l'on a beaucoup parlé de cet appareil, cela tient essentiellement à l'usage qui en a été fait à l'usine de MM. Mond Bruner and C°, à Northwich.

Cet emploi est tout spécial, en ce que le produit particulièrement recherché, vis-à-vis duquel les autres ne sont que des sous-produits, n'est pas le gaz combustible, mais l'ammoniaque, qui se produit dans la distillation de charbons spéciaux, riches en azote, et dans leur décomposition par la vapeur d'eau, à basse température.

Les procédés ici employés n'ont donc d'intérêt que lorsque les houilles que l'on veut traiter contiennent une proportion suffisante d'azote de constitution.

Quand la proportion d'azote atteint 2 à 3 0/0, celui-ci peut s'éliminer sous forme d'ammoniaque et se recueillir en quantité suffisante quand le combustible est échauffé, par un courant de gaz chaud, ou de vapeur d'eau; mais toutefois ne faut-il pas que la température s'élève sensiblement au-dessus de 400°. Comme l'ammoniaque vaut cher et que, si l'on veut recueillir ainsi ce produit, on peut y trouver un bénéfice suffisant, pour payer le prix du combustible employé, M. Mond a fait une installation très considérable, précisément dans le but de traiter des charbons bitumineux, riches en azote, dans un gazogène et de recueillir les sels ammoniacaux que la distillation lui fournissait.

Cette tentative a fait beaucoup de bruit. Il en a été longuement parlé dans plusieurs publications; mais peut être y a-t-on attaché, en France, une importance excessive.

C'est d'abord parce que, si le bas prix de certaines houilles, riches en azote, permettait, en Angleterre, une fabrication

avantageuse, il ne semble pas que de semblables conditions se présentent ailleurs.

Du moins, si l'on peut, avec profit, retirer, de certains combustibles, l'ammoniaque qui se produit, lorsqu'on les traite dans un gazogène, d'autres procédés ont été indiqués, et M. Lencauchez, qu'il faut toujours citer, chaque fois qu'une idée ingénieuse apparaît, a vivement préconisé la distillation de la tourbe en semblable circonstance.

Il a même publié un ouvrage spécial sur cette question.

Je me bornerai à y renvoyer actuellement le lecteur; mais j'espère, plus tard, avoir à revenir sur le sujet, extrêmement intéressant, des gazogènes employés comme appareils de distillation.

Je signalerai seulement ici que de semblables gazogènes sont employés pour la distillation du bois, notamment à Premery, et qu'ainsi que M. Lencauchez, qui a fait cette installation, l'a dit à plusieurs reprises, dans ses ouvrages, le traitement des combustibles, dans un gazogène, est la solution la plus parfaite et la plus économique qui permette d'isoler les produits volatils que l'échauffement progressif d'un combustible peut fournir.

Quand il s'agit de traiter de la tourbe, ou du bois, il est certain que les gaz qui sortent de l'appareil, s'échappent à une température assez basse.

J'ai vu même, pour du lignite, à Deutz, les gaz sortir de l'appareil à moins de 100°, à cause, d'abord, de l'allure lente, volontairement recherchée, de l'appareil, et, ensuite, parce que le combustible contenait une forte proportion d'eau et que sa distillation demandait beaucoup de chaleur.

Il n'en est pas ainsi, lorsque l'on traite des charbons bitumineux, et le problème, qui se présentait à M. Mond, était, à ce point de vue, particulièrement difficile.

Puisque les réactions qui fournissent le gaz des gazogènes s'effectuent à haute température et que la distillation des combustibles semble demander d'autant moins de chaleur que l'on se rapproche le plus des charbons maigres, il semble qu'il soit

très difficile de distiller, à basse température, les charbons bitumineux.

Une solution serait cependant fournie par un gazogène, comme celui de M. Genty, où la distillation se fait sans que les gaz produits traversent le charbon.

Mais il semble que le mouvement même des gaz parcourant la matière, facilite la formation des produits volatils, par un phénomène fréquemment observé.

M. Mond a employé un procédé qui lui a parfaitement réussi, et qui consiste, tout simplement, à envoyer de la vapeur d'eau en excès, à travers le gazogène.

Il semble que, dans une semblable opération, on pourrait craindre que cet excès de vapeur d'eau n'éteigne le feu, par cela même que les réactions endothermiques seraient plus puissantes que les réactions exothermiques; mais il ne se produit rien de semblable.

Une petite partie seulement de la vapeur d'eau brûle du combustible, et le reste joue le rôle de diluant et traverse simplement la colonne de charbon rouge.

M. Mond n'a pas hésité à faire passer, ainsi, dans son gazogène, cinq fois plus de vapeur d'eau que le charbon ne peut en décomposer.

Il y a encore là un point délicat, car la vapeur d'eau est onéreuse à produire et pourrait ainsi coûter plus cher que ne rapporte la fabrication de l'ammoniaque.

Le cas ne se présente pas chez M. Mond et, dans les vastes usines de Northwich, il existe une grande quantité de machines à vapeur qui fonctionnent sans condensation et qui fournissent ainsi, gratuitement, de la vapeur d'eau au gazogène.

Pour parler nettement, on bénéficie d'un gaspillage.

Il faut donc, avant de recommander le procédé Mond, bien examiner ce qu'il coûterait, s'il devait être employé, par un industriel, qui ne dispose pas d'une source gratuite de vapeur.

M. Mond utilise, par tonne de houille, 2 tonnes et demie de vapeur.

Si l'on admet, ainsi que l'on fait, paraît-il, à Northwich, que les récupérateurs puissent rendre 1,5 tonne de vapeur, il faut en conclure qu'il y a lieu de créer, artificiellement et indépendamment du gazogène, par tonne de houille, 1 tonne de vapeur.

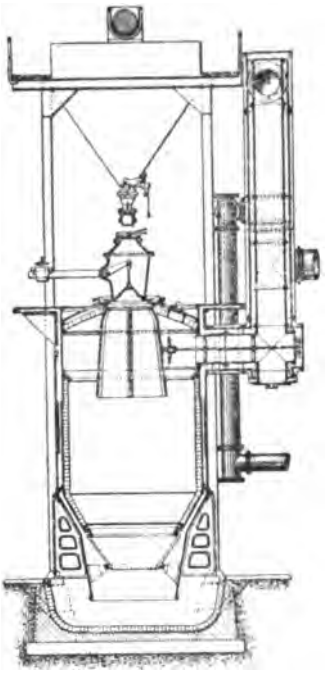


Fig. 183. — Gazogène Mond.

Si l'on admet que, pour faire 1 tonne de vapeur, il faut dépenser 150 kilogrammes de houille, il y a donc déjà, de ce fait, un déchet de 15 0/0 dans le fonctionnement du gazogène.

Ce n'est pas un déchet négligeable et, s'il peut convenir pour certaines houilles anglaises, il ne conviendrait certainement pas pour des charbons français, qui sont plus onéreux et moins riches en azote.

Le gazogène Mond est représenté par la figure 183, en coupe.

C'est un gazogène fort bien compris, où le charbon est amené, d'abord, par des wagons, sur un plancher supérieur, d'où il se rend, dans les trémies, sorte d'entonnoirs très vastes et dont l'ouverture inférieure, ainsi que le montre la figure, est formée par une vanne et placée précisément au-dessus des portes de chargement des gazogènes.

Des vannes spéciales sont disposées pour permettre l'introduction dans le gazogène, qui est surmonté d'une petite trémie, fermée, en haut, par un tampon et, en bas, par un cône, mû par un levier, le tout aboutissant à une sorte d'enveloppe conique, qui maintient le charbon au centre du gazogène, où il s'échauffe ainsi progressivement, grâce aux gaz produits, qui circulent autour

C'est une disposition qui est adoptée, dans une grande quantité de gazogènes.

Elle est d'ailleurs très discutable, parce qu'il semble préférable de faire le départ du gaz au centre du combustible, qui s'échaufferait alors autour de la prise de gaz; ceci afin d'éviter que les gaz ne suivent les parois.

La partie inférieure du gazogène Mond, qui est une très vaste cuve, très haute, comme tous les gazogènes anglais, où l'on traite des charbons bitumineux, est constituée, d'abord, par un étalage en maçonnerie et, ensuite, par une grille tronconique, qui prolonge en quelque sorte ces étalages.

Enfin, le bas de l'appareil est fermé par un joint hydraulique.

De cette façon, l'air et la vapeur d'eau pourront pénétrer dans le combustible, autour de la grille, entre le cône d'éboulement des scories et la grille.

Le gazogène Mond considéré ainsi, en sa première partie, qui est la cuve, est déjà un appareil très intéressant, fort soigné dans son exécution.

Ce qui le différencie nettement des autres appareils, ce sont les dispositions spéciales qui permettent de recueillir les sels ammoniacaux compris dans les gaz.

Ceux-ci, en sortant du gazogène, passent dans un premier appareil, qui est constitué essentiellement par une série de caisses verticales, communiquant alternativement par le haut et par le bas, sorte de tuyaux d'orgues, formant un échangeur permettant de refroidir l'air et la vapeur d'eau et de réchauffer l'air qui doit être fourni au gazogène et qui passe autour de ces colonnes montantes et descendantes.

L'appareil constitue, en somme, un récupérateur.

On voit, sur la figure schématique 184, indiquée par des flèches, l'arrivée de l'air destiné au gazogène, et comment celui-ci, après avoir, en quelque sorte, circulé dans des chemises, qui entourent les caisses, dans lesquelles passent les gaz chauds,

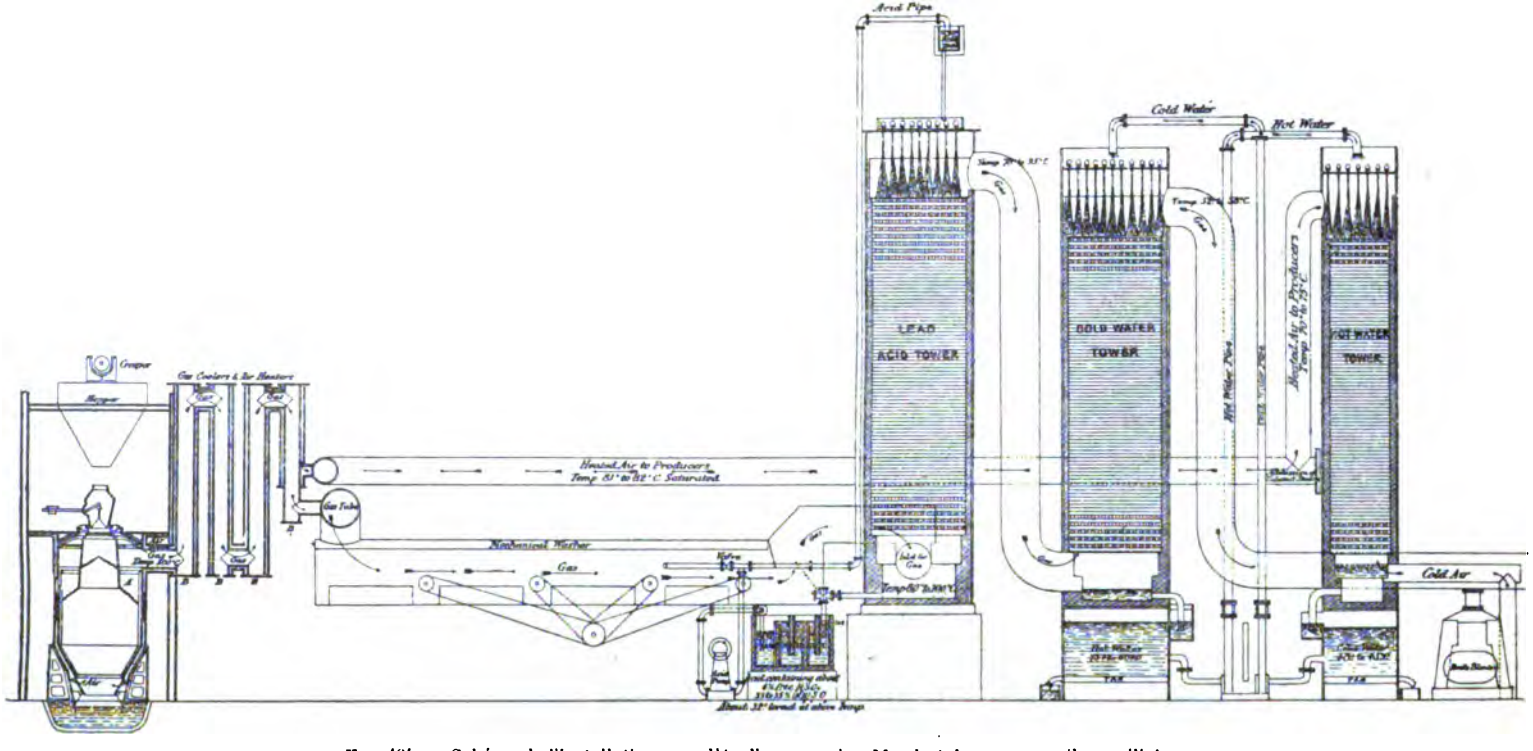


Fig. 184. — Schéma de l'installation complète d'un gazogène Mond et de ses appareils auxiliaires.

finit par circuler de la même manière, autour du gazogène, dans l'espace compris entre les produits réfractaires et l'enveloppe de tôle, pour aboutir sous la grille.

Les gaz, ainsi dépouillés d'une partie de leur chaleur, traversent ensuite une grande caisse, dite de lavage mécanique,

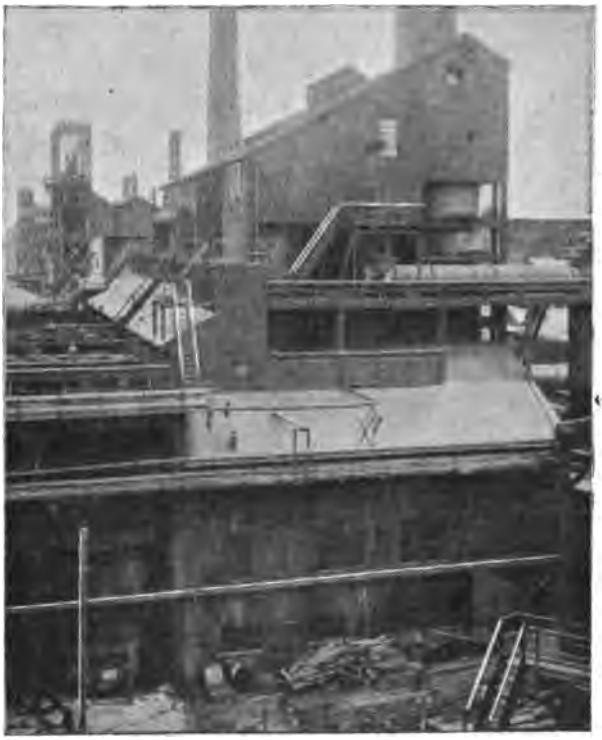


Fig. 185. — Batterie de gazogènes Mond. Vue d'ensemble.

où ils passent au-dessus d'une couche d'eau, qui est constamment remuée par des roues à aubes, qui sont figurées schématiquement dans le dessin, et qui projettent une pluie d'eau que les gaz se trouvent ainsi obligés à traverser.

Le gaz est refroidi jusqu'à environ 90°, grâce à ces sortes de balais tournants, qui non seulement refroidissent par contact,

mais refroidissent encore parce que l'eau, mise, à cette température, en contact très intime, vu sa grande division, avec le gaz, se volatilise, dans de grandes proportions.

Le gaz se trouve, amené au bas d'une grande tour, qu'il traverse, de bas en haut, en rencontrant du sulfate d'ammoniaque

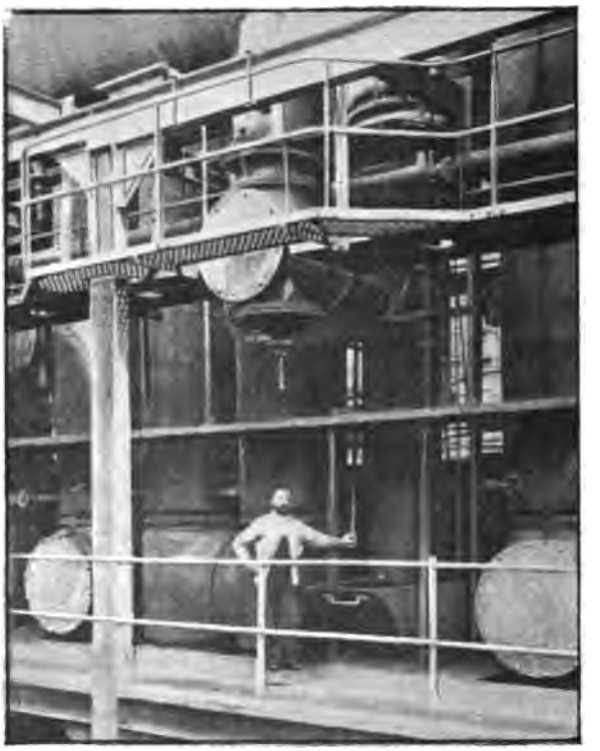


Fig. 186. — Le plancher supérieur.

acide, qui est distribué, à la partie supérieure, en un grand nombre de jets, ainsi que la figure le montre, et qui est étendu sur une grande surface, au moyen d'un grand nombre de chicanes.

Ce mélange de sulfate d'ammoniaque et d'acide sulfurique, dans une telle proportion qu'il y a environ 47 0/0 d'acide

sulfurique libre, provient d'un bac qui est indiqué sur la figure, et c'est l'usage qui a fait considérer cette proportion comme la plus favorable.

L'acide sulfurique, non chargé d'ammoniaque, donnait des résultats beaucoup moins satisfaisants.

Le gaz, sortant du haut de la tour, où le sulfate acide

Fig. 187. — Les générateurs.

retient une très grande proportion des sels ammoniacaux, est ensuite conduit au bas d'une autre tour, où il est lavé grâce à des chicanes et à un courant de haut en bas, analogue aux dispositions de la tour précédente, par un courant d'eau froide.

Le gaz est ensuite envoyé ainsi au moteur, ou au four auquel il est destiné.

L'eau, qui a parcouru, de haut en bas, la seconde tour, arrive, à la partie inférieure de celle-ci, à assez haute température.

Elle est alors entraînée par une pompe, au haut d'une troisième tour, où elle tombe en pluie, sur l'air froid qui est puisé dans l'atmosphère et refoulé par un ventilateur Roots, ainsi que la figure le montre. Cet air, ainsi chauffé, est, en grande partie, chargé de vapeur par l'eau à 80° ou 90°, qui y

FIG. 188.

est injectée. Il ira se surchauffer dans le récupérateur, pour parvenir au gazogène, avec addition, si c'est nécessaire, de vapeur provenant d'une autre source.

Quant à l'eau, refroidie, par sa descente, dans cette troisième tour, elle sera envoyée, par une autre pompe, dans le haut de la seconde tour, qui sert au refroidissement du gaz, et il semble, ainsi, que l'utilisation des chaleurs entraînées par le gaz combustible et la vapeur qui y est mélangée est poussée aussi loin que possible.

Les figures 185, 186, 187, 188, montrent l'installation de semblables gazogènes aux usines de Winnigton.

M. Humphrey, qui s'est tout particulièrement occupé des installations du type Mond, fournit le renseignement suivant :

Le premier gazogène Mond, mis en marche en septembre 1893, a fonctionné, sans réparation, même aux garnitures réfractaires de la cuve, jusqu'en août 1896.

On consultera avec intérêt, à ce sujet, le *Compte rendu de la séance du* 14 *décembre* 1900 *de* « *The Institution of Mechanical Engineers* ».

Dans une séance précédente, du 16 mars 1897, il avait été fourni des chiffres très nombreux sur les essais, et l'on pourra les consulter avec intérêt.

GAZOGÈNE DUFF

Le gazogène Duff ne présente pas non plus, par lui-même, de détails caractéristiques, à ma connaissance; mais, ce qu'il y a lieu d'examiner, c'est la disposition que M. Duff a employée dans certaines de ses installations pour obtenir des batteries de gazogènes à grande production et pouvoir recueillir l'ammoniaque et les goudrons qui étaient entraînés dans les produits volatils.

On voit, dans la figure 189, au premier plan, une série de gazogènes construits pour l'United Alkali Company Ltd, à Widnes.

Ces gazogènes sont alimentés par des trémies ayant la forme d'entonnoirs où un conveyeur, représenté à gauche de la figure, élève le charbon d'une façon régulière. On voit, dans la figure 190, représentant la même installation vue par derrière, de grandes chambres carrées placées chacune derrière un gazogène et destinées à produire de l'air chaud et à débarrasser le gaz des poussières.

A la suite de ces récupérateurs, sont placés des scrubbers

Fig. 189. — Batterie de gazogènes Duff de l'United Alkali Cᵒ Lᵗᵈ.

Fig. 190. — Les appareils de séparation et de récupération de l'ammoniaque.

destinés à laver et à refroidir le gaz, qui aboutit enfin à de grandes tours, bien visibles sur la figure, dont la première, la tour carrée, est destinée à recueillir l'ammoniaque dans un courant d'acide sulfurique ; la seconde sert à refroidir définitivement le gaz, qui se trouve ainsi prêt à être employé pour des fours ou des moteurs.

On annonçait, en janvier 1901, dans un article de *l'Engineering*, que M. Duff préparait une installation semblable capable de gazéifier 1.400 à 1.500 tonnes de charbon par semaine, installation qui correspondrait, si les gaz étaient employés dans des moteurs, à une puissance de 20.000 chevaux.

CHAPITRE XIII

LES APPAREILS AUXILIAIRES

Un gazogène ne se compose pas uniquement de la cuve, où se fait la combustion. Elle est la partie essentielle; mais les appareils auxiliaires présentent un très grand intérêt, et, dans certains cas, ce sont ceux qui demandent l'étude la plus délicate.

L'installation d'un gazogène, ou d'une batterie de gazogènes, comporte l'examen de différents sujets.

Il faut fournir, au gazogène, le combustible, la vapeur d'eau, quand on en emploie, éliminer les scories et les cendres, puis, le grand problème, le plus souvent, est l'épuration du gaz. Enfin, il y a lieu de s'occuper, tout particulièrement, de la circulation, dans les conduites, de l'air et du gaz et des appareils de mesure et d'emmagasinage, c'est-à-dire des compteurs et des gazomètres.

L'enlèvement des cendres et scories ne présente un réel intérêt que lorsque les gazogènes sont en batterie. Encore n'y a-t-il là aucun problème délicat.

Une très bonne disposition, quand le terrain s'y prête, est d'installer une galerie au-dessous du gazogène, afin de pouvoir verser directement, dans des wagonnets, les résidus de la combustion.

D'une façon analogue, l'alimentation en combustible n'a d'intérêt que lorsqu'il s'agit de grandes installations.

Quand les gazogènes sont en fosse, il est facile d'amener le charbon à proximité de leurs ouvertures, en réservant un tas de combustible auprès des générateurs, ou bien en le recevant par des wagonnets.

On règle, à ce sujet, la profondeur de la fosse, de façon à ce que la porte de chargement du gazogène soit de $0^m,60$ environ au-dessus du sol.

Lorsque les gazogènes sont en élévation, il convient d'établir un plancher spécial, pour effectuer le chargement.

On pourra lui donner une étendue suffisante pour y ménager un approvisionnement, installer des élévateurs ou différents dispositifs de transporteurs.

J'ai montré une installation semblable, avec plusieurs gazogènes.

On peut aussi songer à remplir automatiquement la cuve des gazogènes.

Cela présente un très grand avantage, celui de donner de la continuité à l'alimentation de l'appareil, d'éviter les variations que la qualité du gaz subit à chaque période de chargement, à cause du refroidissement ainsi produit dans la masse de combustible et d'une plus grande quantité de vapeur d'eau et de produits volatils mélangés au gaz, aux périodes qui suivent immédiatement le chargement.

On peut, il est vrai, réduire beaucoup ces inconvénients, en faisant très fréquemment les chargements, et en disposant, au-dessous des gazogènes, de très vastes trémies.

Lorsque les gazogènes marchent par aspiration, et en combustion renversée, le problème est élémentaire. Il suffit qu'un appareil automatique remplisse la trémie au-dessus du gazogène. Elle peut même rester ouverte, comme je l'ai montré dans un gazogène, pourvu que la couche de charbon soit épaisse, et que l'air provienne, de préférence, du réchauffeur d'air.

Quand les gazogènes marchent, en combustion directe, par aspiration, on peut espérer un résultat analogue, si la prise de gaz se fait à une zone où la température est suffisamment

élevée, pour que le combustible puisse y brûler, au cas accidentel où de l'air pénétrerait par la trémie de chargement.

Il faut, pour l'éviter, que la hauteur du combustible traversé soit très grande.

Quand on marche avec insufflation d'air, le problème devient plus délicat, et la nécessité des trémies étanches rend le chargement automatique plus difficile.

On a pu songer aussi à perfectionner les appareils de chargement dans un autre but que de rendre le chargement automatique, dans celui, par exemple, d'avoir des appareils de fermeture très étanches, ce qui est nécessaire surtout quand on marche par l'aspiration du moteur, ou d'étendre le combustible d'une façon régulière dans la cuve, ainsi qu'il y a un grand intérêt à le faire.

Je citerai à ce sujet deux appareils à chargement.

CHARGEUR BILDT

L'appareil de chargement de M. Bildt, qui a été décrit dans l'*Iron Age* et l'*Engineering*, a pour but de donner une continuité absolue à l'introduction d'un combustible dans un gazogène et d'étendre le combustible proportionnellement à la surface.

Il répond ainsi à deux nécessités.

Si, en effet, d'une part, l'on charge très fréquemment un gazogène, on s'impose un travail et une surveillance très onéreux; si, au contraire, on espace les chargements, chaque nouvelle masse de combustible amène des gaz de distillation, refroidit le haut du gazogène et produit, pour ces deux causes, de sensibles variations dans la qualité des gaz produits.

Le résultat est surtout mauvais quand ces gaz vont à des fours, parce que l'on n'emploie généralement pas de gazomètres, ni même de grands réservoirs et de longues conduites, où le mélange puisse se faire.

Dans ces conditions, si le gaz vient au four moins riche que la puissance pour laquelle le dosage de l'air est calculé, il y a un excès d'air, la température se trouve abaissée et les tôles peuvent se trouver oxydées. Si, au contraire, le gaz est plus riche, il brûle d'une façon incomplète au grand détriment du rendement.

M. Bildt estime aussi qu'il y a un très grand avantage à ce que le charbon soit répandu dans l'intérieur du gazogène suivant une couche bien horizontale ; il estime que, s'il y a plus de charbon d'un côté que de l'autre, ou plus sur les bords qu'au milieu, ces inégalités variables tendent à modifier la hauteur de couche des charbons traversés, influencer ainsi et généralement en l'appauvrissant, la richesse du gaz, et il peut même se produire des cheminées qui sont encore plus nuisibles.

L'appareil qu'il a imaginé se compose d'une double trémie, dont la principale est constamment remplie de combustible et placée sur le sommet du gazogène, comme les trémies de chargement habituelles, et, comme celles-ci, se termine, en bas, par un cône. La figure 191 montre l'ensemble de cet appareil installé sur un gazogène : la figure 192, une vue du gazogène pris à 90°.

Le charbon est versé, à la main, dans la trémie *f*, d'où il s'écoule dans la trémie principale. Une trappe, figurée en *h*, permet d'interrompre la communication.

La trémie principale est traversée, par une tige *c*, guidée extérieurement, dans le manchon *m*, et intérieurement en *n*. Cet arbre *c* a le double objet d'entraîner, par des palettes *l*, *l*, le charbon qui est dans la trémie et d'empêcher, ainsi, des vides de se produire et, en outre, de faire tourner le cône distributeur *bb'*, sur lequel il est boulonné en A.

Cet arbre *c* est lui-même solidaire d'un galet *d* qu'entraîne une vis, mue par un arbre de transmission, avec changement de vitesse, figuré en *e*, ce qui permet d'accélérer, ou de retarder, l'introduction du combustible suivant les besoins.

La figure 193 montre le détail de cette transmission.

Le charbon glisse entre la trémie et le cône, sur lequel il est amené par un entonnoir. Ce cône, représenté en plan (*fig.* 195), et en deux coupes (*fig.* 196 et 197), se compose d'un premier cône BB, ayant une pente très légère et terminé par

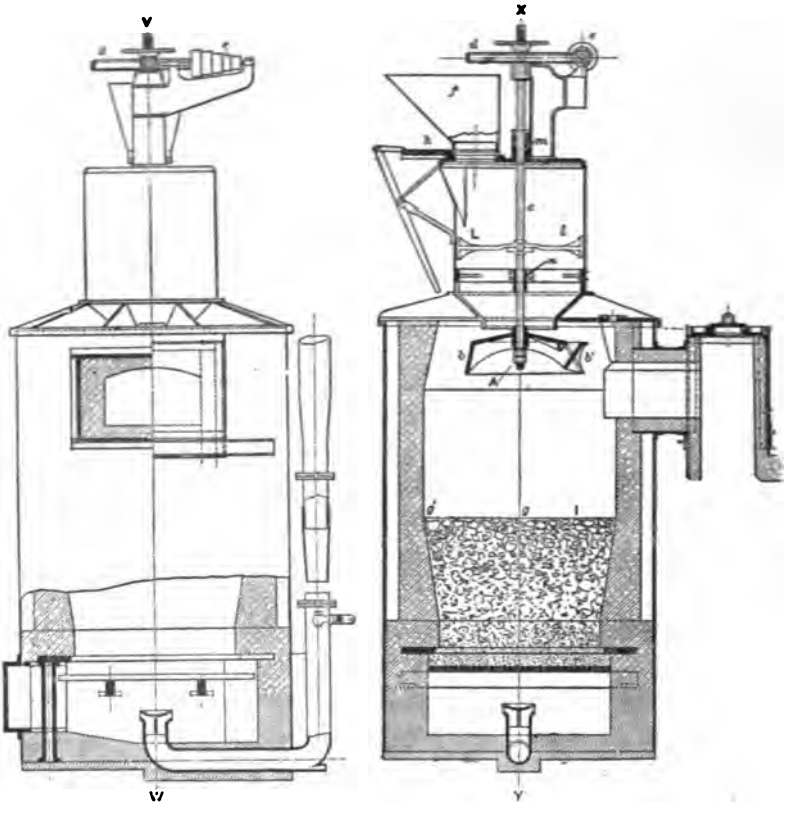


Fig. 191 et 192. — Gazogène avec chargeur Bildt.

deux surfaces *bb'* différentes, suivant le secteur considéré et ayant, toutes deux, des inclinaisons variables. On voit, dans la figure 7, qu'à partir du rayon 1 jusqu'au rayon 10 la pente de la surface *b* va constamment en croissant, celle-ci étant verticale en 10.

La figure 197 montre sa pente, suivant le rayon 7, et la figure 196, suivant le rayon 4.

Du rayon 10, aux trois secteurs suivants, 10-11, 11-12, 12-1, le cône B n'est plus terminé par une surface tendant à distribuer le charbon extérieurement. Celui-ci tombe sur une

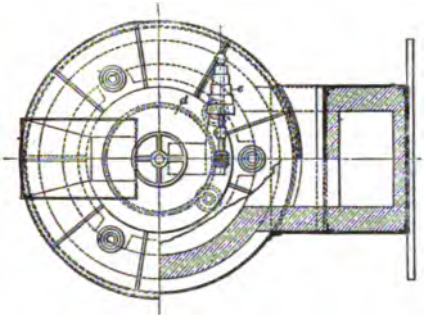


Fig. 193. — Vue en plan du chargeur.

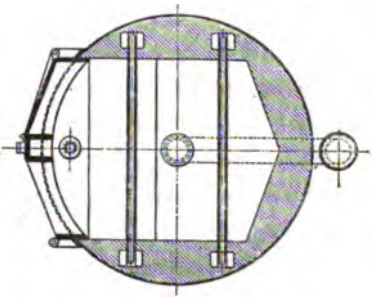


Fig. 194. — Coupe du bas de la cuve.

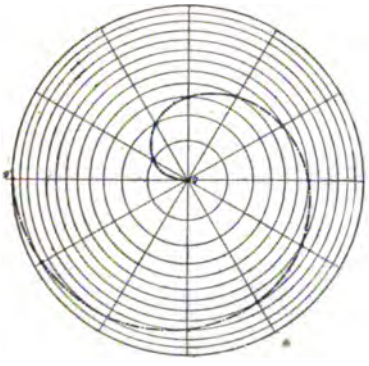


Fig. 198. — Courbe schématique.

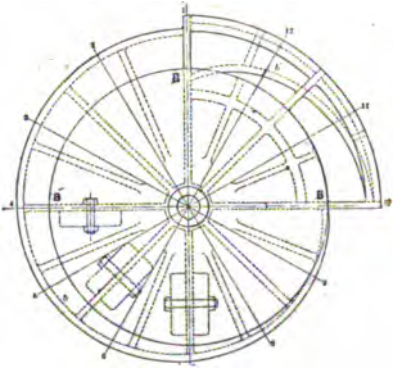
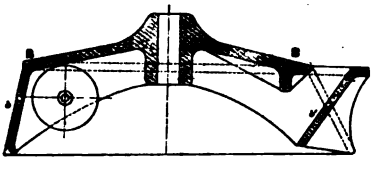


Fig. 195. — Vue en plan du cône.



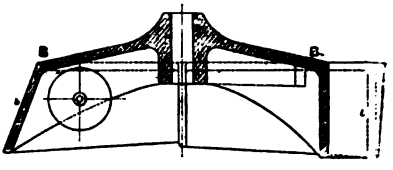


Fig. 196 et 197. — Coupes suivant 1-7 et 4-18 du cône mobile.

surface b', nettement représentée (*fig.* 196), qui joue le rôle d'entonnoir distribuant le charbon vers le centre du gazogène, et cela de plus en plus du rayon 10 au rayon 1.

Pour le calcul des pentes de ces surfaces b, b', M. Bildt a construit une spirale, représentée (*fig.* 198), telle que, en

chaque point, l'angle du rayon vecteur est proportionnel au carré du rayon, de façon que, pendant le même temps, la surface couverte soit constante.

Enfin, il est nécessaire de faire varier la distance entre le cône distributeur *b*, *b'*, et la trémie superposée, suivant la grosseur du combustible employé. On l'obtient très facilement avec un écrou X, qui permet de relever l'arbre *c* et le cône avec lequel il est lié.

Cet appareil peut donner de fort bons résultats, et M. Bildt déclare avoir des témoignages confirmant la parfaite régularité du gaz produit. Il semble assez simple et bien imaginé. Il ne faut cependant pas oublier que les gaz ont tendance à suivre les parois du gazogène et qu'il vaut mieux que la couche supérieure du charbon affecte une forme concave. C'est une petite critique.

FERMETURE HERMÉTIQUE DOUGE

MM. Douge frères, qui sont concessionnaires des brevets du gazogène Taylor, en Suisse et dans l'Est, ont fait breveter un dispositif spécial, pour la fermeture des gazogènes, qu'ils ont appliqué à celui-ci.

On sait l'importance considérable qu'il y a dans une bonne fermeture de l'orifice, par où se charge le charbon.

Il peut, en effet, entrer de l'air dans le gazogène, surtout lorsque celui-ci fonctionne par aspiration, comme le gazogène Taylor, et ces rentrées d'air sont particulièrement graves, quand elles sont au-delà de la masse du combustible au rouge, et que, par conséquent, l'air ne peut que se mélanger au gaz à une température presque toujours trop froide pour brûler.

C'est le plus dangereux des inconvénients que peut présenter un gazogène, car les explosions peuvent avoir lieu ensuite dans les conduites de gaz, d'autant plus facilement qu'il

y a toujours à craindre, dans celles-ci, un retour de flamme du moteur pour venir allumer le mélange.

Les gazogènes fonctionnant par aspiration, ayant ainsi besoin de fermeture hermétique, il est nécessaire qu'il ne puisse pas s'intercaler de combustible entre la porte et le plateau sur lequel elle s'appuie.

Aucun mode de fermeture ne convient mieux, à cet effet, que celui qui est formé par un plateau, appuyant sur une glace, et venant, tour à tour, recouvrir l'ouverture ou s'éclipser pour la découvrir.

C'est ainsi, en particulier, qu'est installée la fermeture du gazogène Taylor ; mais encore faut-il, pour que cette fermeture soit hermétique, que le plateau soit guidé par son centre de gravité, afin qu'il appuie également sur toute sa surface et que l'axe vertical autour duquel il tourne soit rigoureusement parallèle à l'axe de l'ouverture.

MM. Douge frères ont réalisé une fermeture de ce type, par un procédé ingénieux représenté (*fig.* 199, 200, 201, 202). Le plateau est perçé, sur l'axe de son centre de gravité, d'une encoche, dans laquelle vient pénétrer un tenon, de sorte que le plateau est solidaire du bras qui sert à le manœuvrer, et ce bras est fortement appuyé, par un ressort, de bas en haut.

De cette sorte, le plateau est aussi constamment appuyé sur la surface de la glace, et le jeu, entre le tenon et le plateau, permet à celui-ci de se déplacer constamment dans le même plan, quand même l'axe, autour duquel est entraîné le bras qui le dirige, ne serait pas rigoureusement normal au plan de la glace.

La figure 199 représente cet appareil, vue par en dessous, dans la position de fermeture ; la figure 200 est une coupe verticale. Dans ces deux figures, le plateau obture complètement l'ouverture du gazogène.

La figure 201 est une vue identique à celle de la figure 199, mais déplacée en plan de 90°.

La figure 202 en est la coupe. Dans ces deux figures, le plateau est éclipsé et le gazogène ouvert.

a représente le sommet du gazogène, dont la face intérieure *o* est dressée parfaitement.

b est la tubulure verticale, qui peut se fermer par un couvercle et qui permet l'entrée du combustible. Dans un renflement *k* de cette tubulure, est placé l'arbre *i*, mû par la manette *l*, et relevé, par le ressort *m*. Cet arbre entraîne le bras *h*,

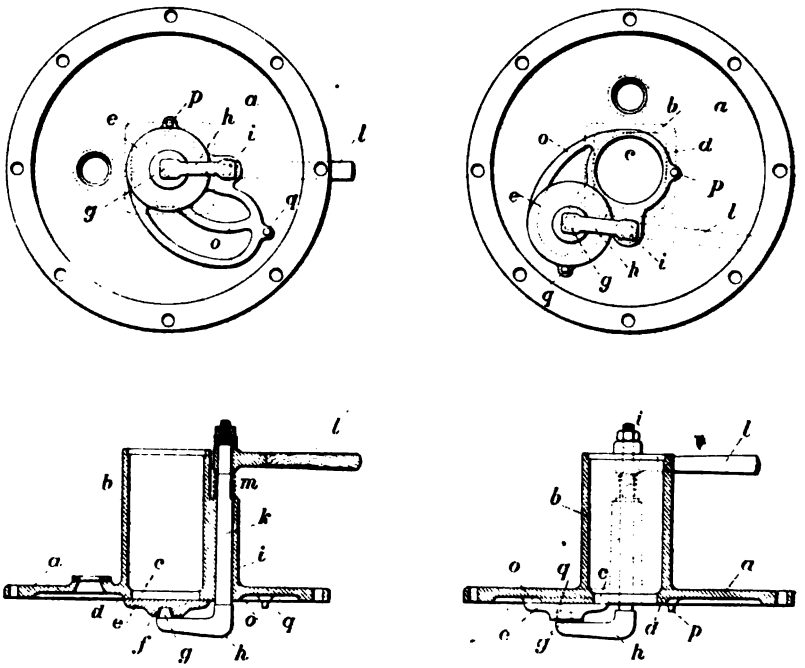


Fig. 199, 200, 201, 202. — Fermeture Douge vue en plan et en coupe dans les positions d'ouverture et de fermeture.

qui porte le tenon *g* engagé, comme je l'ai dit plus haut, dans la mortaise *f*, du plateau *e*.

p et *q* sont deux butées qui limitent la course du plateau.

J'ai examiné, dans une autre partie de l'ouvrage, l'intérêt qu'il y avait à marcher par aspiration, ou, au contraire, à envoyer, dans le gazogène, l'air et la vapeur, soit par un compresseur, comme dans le gazogène Gardie, soit avec un injec-

teur de vapeur d'eau, comme dans la grande majorité des gazogènes que j'ai décrits.

Il est certain que la solution, qui serait préférable à toute autre, serait d'envoyer, non pas de la vapeur d'eau, mais des gaz brûlés.

On aurait l'avantage de supprimer la chaudière, ce qui n'est pas un petit bénéfice.

On aurait celui d'envoyer de l'acide carbonique, plutôt que de la vapeur d'eau et de ne pas dépenser, ainsi, de la chaleur pour vaporiser de l'eau, chaleur qui sera perdue, puisque, dans les gaz brûlés évacués, l'eau se retrouvera encore sous forme de vapeur.

Enfin, un troisième avantage, c'est que les gaz brûlés peuvent être admis, dans l'air primaire, à la haute température à laquelle ils sortent des fours ou des moteurs, et, dans ces conditions, ils serviraient puissamment à réchauffer l'air introduit.

L'injection d'air, par la vapeur des chaudières, présente encore un grave inconvénient.

On n'est pas absolument maître de la proportion d'air et de vapeur que l'on injecte ainsi.

Évidemment, un injecteur Kœrting, ou autre, est un appareil réglable avec lequel il est facile de faire varier, dans certaines proportions, l'entrée de l'air et la quantité de vapeur.

Mais il y a des limites trop étroites entre lesquelles seulement on peut varier.

Pour montrer un exemple, je ferai remarquer que, s'il est nécessaire d'activer le feu dans le gazogène, il faudrait pouvoir envoyer de l'air pur, et que cela est absolument impossible avec un injecteur. On devra se contenter d'activer le courant d'air et de vapeur.

L'injecteur présente encore un autre inconvénient.

Pour que la détente de la vapeur transforme l'énergie potentielle, due à l'élévation de pression, en une vitesse qui permette d'entraîner l'air, il faut que la détente soit assez considérable, et l'expérience a montré qu'il ne fallait pas songer à

produire ainsi, dans les gazogènes, une pression supérieure à 20 ou 25 centimètres.

Lorsque le gaz doit traverser un grand nombre d'obstacles, de longues tuyauteries et beaucoup d'appareils d'épuration, cette pression peut devenir insuffisante, et il faut, alors, avoir recours à un compresseur.

Il en résulte une complication dans le gazogène, qui nécessite deux appareils auxiliaires, la chaudière et le compresseur, qui a, en outre, l'inconvénient d'exiger une force motrice.

Il est certain qu'il est très ennuyeux d'avoir à installer des chaudières à côté des gazogènes, et j'ai montré que, dans la plupart des gazogènes, l'on avait trouvé moyen de souder la chaudière au gazogène et d'éviter la nécessité d'un foyer spécial, en chauffant la chaudière avec des chaleurs perdues du gazogène.

Dans la plupart des grandes installations que je connais, la chaudière est, au contraire, séparée des gazogènes.

On emploie, de préférence, des chaudières à tubes pendentifs, et on les chauffe fréquemment avec les poussières recueillies en criblant le charbon destiné aux gazogènes.

Il semblerait, cependant, tout indiqué d'employer, pour ces chaudières, le gaz même des gazogènes.

L'inconvénient, c'est que, si ce gaz vient à manquer, il faut pouvoir, néanmoins, faire de la vapeur pour mettre en route, et si certains constructeurs, comme MM. Fichet et Heurtey, emploient des chaudières chauffées au gaz par flamme renversée, ces chaudières sont toujours disposées, pour pouvoir, en même temps, être chauffées directement avec le combustible.

Je montrerai un exemple d'une chaudière analogue en décrivant un brevet de M. Lencauchez.

CHAUDIÈRE LENCAUCHEZ

On voit dans les figures 203, 204, 205, et 206, deux coupes verticales, une coupe horizontale et un détail.

Cette chaudière est alimentée soit par une grille représentée en *g* et à laquelle on a accès, par les deux portes représentées dans la figure 205, soit par une tuyère à gaz, représentée en 8, dans les figures 203, 204 et 205.

La cheminée d'évacuation représentée en 205, est commandée par une vanne.

Dans la figure 203 en particulier, on voit la disposition de la chaudière à tubes verticaux, sorte de chaudière Field, où l'eau descend par les tubes intérieurs ouverts aux deux bouts, pour remonter dans l'espace annulaire et s'y vaporiser. Les gaz brûlés, après avoir traversé ces tubes, redescendent ensuite sur les côtés, pour aboutir à une chambre annulaire, d'où ils atteindront la cheminée. Ils rencontrent, sur leur passage, des colonnes verticales 3, 3, qu'ils échauffent de la chaleur, qu'ils peuvent encore abandonner.

Ces colonnes sont en fonte et représentent une disposition analogue aussi à celle des tubes Field, en ce que la vapeur et l'air qui pénètrent dans la chambre annulaire sont chauffés par les gaz brûlés, redescendent dans la conduite intérieure pour aboutir à une boîte 4, qui communique avec la conduite venant au gazogène. L'air et la vapeur sont entraînés dans ce mouvement par un injecteur Koerting, représenté sur la figure 203. On voit encore, sur cette figure, comment les tubes 3 dont le détail, en coupe, est donné dans la figure 206, sont munis d'ailettes intérieures, qui leur permettent de mieux céder la chaleur, accumulée par le rayonnement des briques, à l'air et au gaz qui les traversent.

On voit encore, dans la figure 203, que ces tubes sont fixés

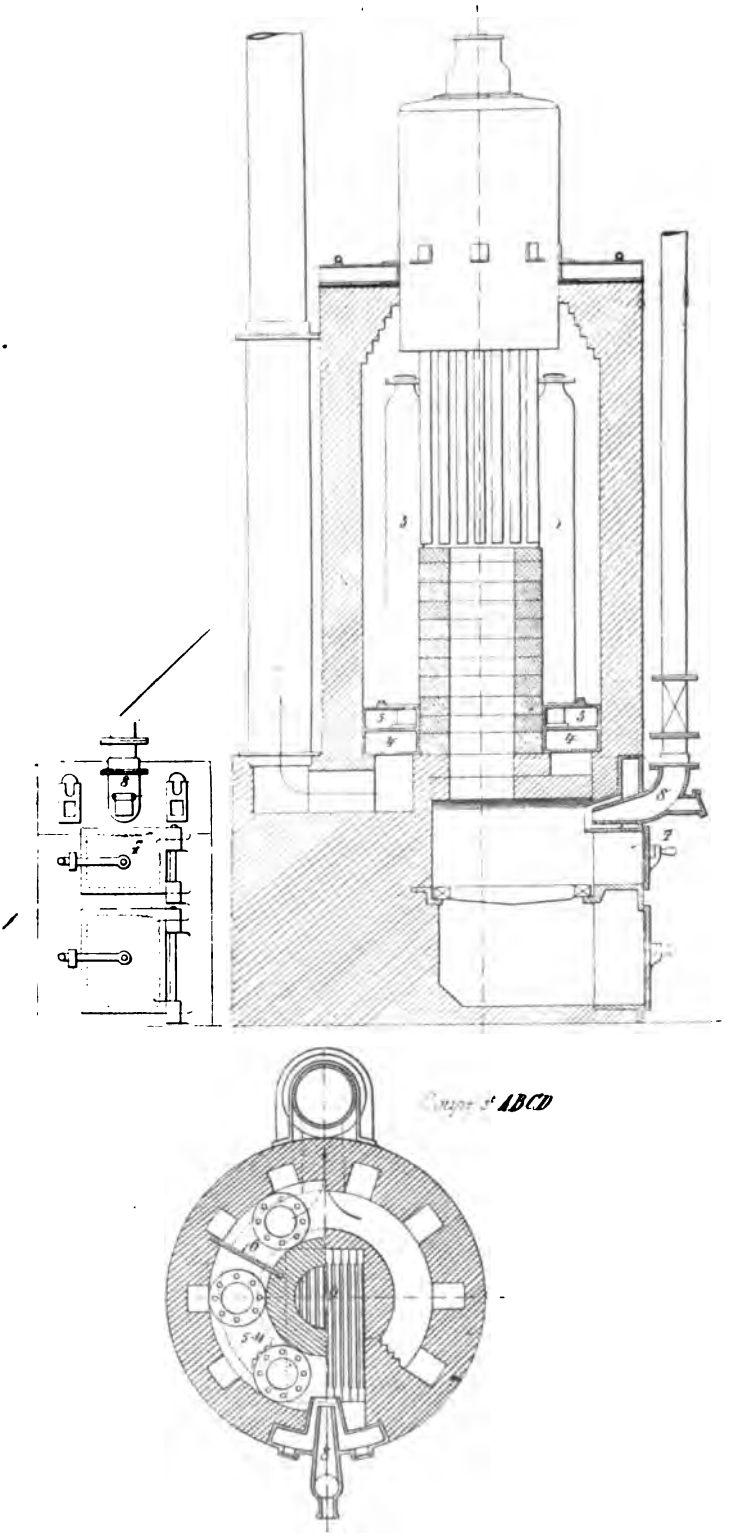


Fig. 203 et 204. — Coupes verticale et horizontale d'une chaudière Lencauchez avec réchauffeur d'air, pour gazogènes.

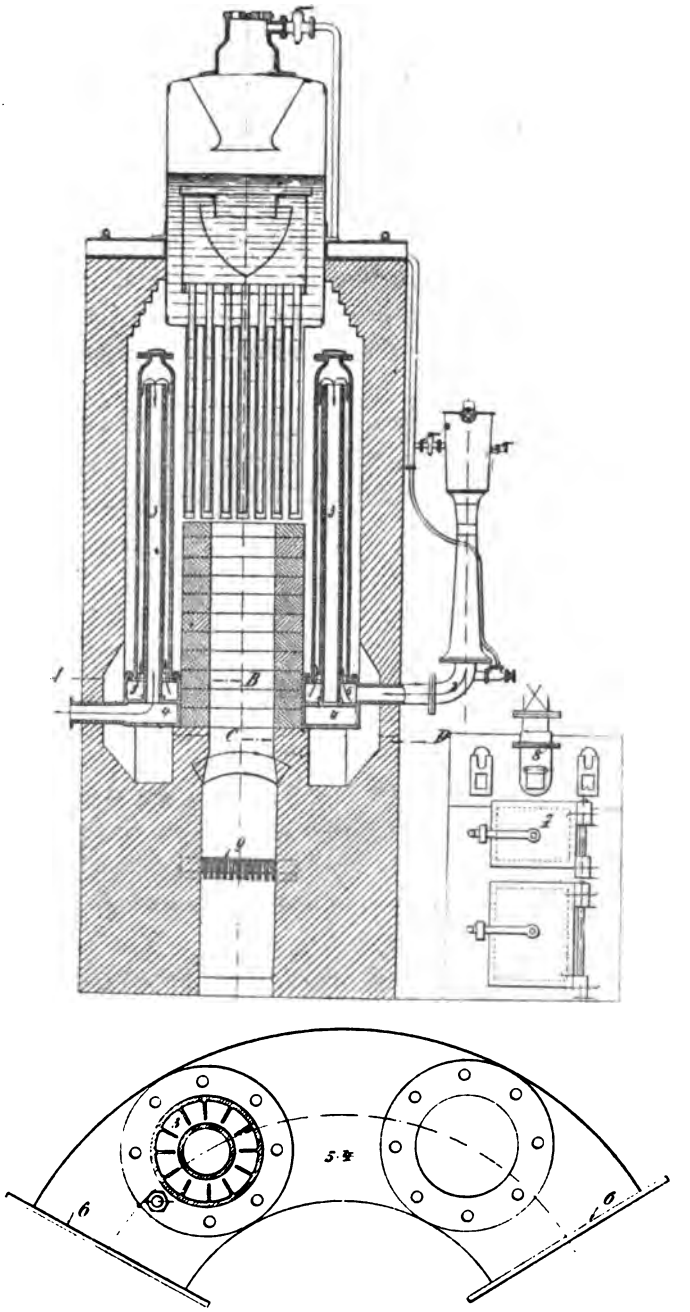


Fig. 205 et 206. — Coupe transversale et détail de la chaudière.

sur la double couronne 4, 5, qui constitue un double collecteur et que leur assemblage permet leur libre dilatation.

Dans les brevets, où M. Lencauchez a décrit cet appareil, il fait valoir une considération fort intéressante, c'est l'intérêt qu'il y a à souffler l'air, par l'injecteur de vapeur, comme il le fait ici, avant que l'air soit échauffé et que la vapeur soit surchauffée. On conçoit, en effet, ainsi qu'il le dit, que le souffleur souffre beaucoup moins du passage de ce mélange d'air et de vapeur, qui, à haute température, le détériore très rapidement.

Il aurait pu ajouter, en outre, que le travail demandé à la vapeur est bien moins considérable pour élever la pression de l'air quand le volume de celui-ci est plus faible, c'est-à-dire avant d'être échauffé.

JOINT HYDRAULIQUE

De quelque façon que l'on opère, la pression dans les conduites et au gazomètre se trouve toujours plus élevée que dans le gazogène. Il faut donc craindre qu'un arrêt dans le fonctionnement fasse refouler le gaz au gazogène, d'où il sort en jet enflammé.

Il n'y a guère d'exception que lorsque le gazogène marche par aspiration directe du moteur, et, dans ce cas, il faut craindre les refoulements qui se produisent quand il y a des refus ou des ratés.

Pour éviter tout accident semblable, il convient d'installer, sur le trajet des gaz, un appareil qui interdise tout mouvement de retour.

Le plus simple est encore un joint hydraulique, qui se compose essentiellement d'un bac étanche rempli d'eau, à niveau constant, dans lequel vient pénétrer, de quelques centimètres, le tuyau amenant le gaz et dont la partie supérieure

communique avec le départ du gaz ainsi qu'il est représenté figure 207.

Une différence de pression fait monter l'eau dans la conduite d'amenée, interdisant au gaz d'y pénétrer.

Toutefois faut-il considérer qu'un semblable appareil ne peut fonctionner utilement qu'à une pression égale ou supérieure à la pression atmosphérique.

La rupture d'équilibre maintient, ou relève, le niveau de l'eau dans le bac.

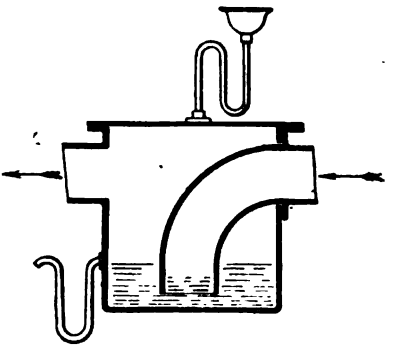


Fig. 207. — Joint hydraulique.

Au contraire, si la pression, en marche normale, était inférieure dans le bac, l'arrêt provoquerait un relèvement de cette pression, un abaissement du niveau de l'eau, qui pourrait, ainsi, descendre au-dessous de l'ouverture du tuyau plongeant et mettre en communication l'amont et l'aval du joint

Si le niveau de l'eau dans le bac était maintenu constant par un robinet et un flotteur, l'objection n'aurait pas de raison d'être.

Enfin il convient de retenir au passage certains produits gazeux, comme l'acide sulfhydrique, le gaz carbonyle, etc., ce qu'on ne pourra faire qu'en faisant traverser, aux gaz, des réactifs convenables.

Dans une installation, il convient d'examiner quels épurateurs on devra employer et dans quel ordre ceux-ci devront être disposés.

Plusieurs échecs sérieux ont été occasionnés par un mauvais ordonnancement des appareils d'épuration.

Il convient évidemment de refroidir avant de chercher à recueillir les goudrons. Mais les principaux appareils de refroidissement sont établis par des courants d'eau, dans le même sens ou en sens contraire du gaz.

Une partie des goudrons et les eaux ammoniacales, se condensent dans les eaux de lavage, et sont entraînés. Comme elles rendent l'eau impure, la vicient, de grands ennuis peuvent être attirés à l'usinier par un semblable procédé. Une très grande installation a dû être interdite récemment, parce que le lavage des gaz avait infecté l'eau de la région, même après avoir traversé une épaisse couche de sable.

Il faut donc, suivant le cas, refroidir à sec ou refroidir avec un courant d'eau, recueillir les goudrons, avant de faire passer les gaz dans les appareils de lavage, scrubbers, etc.

ÉPURATEURS. — REFROIDISSEURS

A la suite du joint hydraulique, qui déjà lui-même peut servir au nettoyage et au refroidissement des gaz, sont installés les appareils spéciaux qui servent à rendre le gaz propre à la consommation.

Il faut éliminer diverses impuretés, les poussières de combustibles ou de cendres entraînées ; ce sont les corps les plus faciles à éliminer. Ils sont lourds et relativement gros.

Restent les poussières fines, qui font, en quelque sorte, corps avec les gaz, quand ceux-ci ne vont pas au repos absolu et sont de dimensions assez réduites pour échapper souvent aux meilleurs filtres, les vapeurs, les goudrons, etc..., corps mélangés à l'état gazeux et qu'il faut condenser pour pouvoir les séparer des gaz.

Quand le gaz contient peu ou pas de goudrons, il faut d'abord enlever les poussières ; puis, s'il n'y a pas de folles poussières, refroidir.

SCRUBBERS

Un seul et même appareil peut remplir ce double emploi : le scrubber.

C'est une grande cuve métallique, dans laquelle le gaz arrive par en bas, pour sortir, par en haut, en rencontrant une pluie d'eau qui en effectue le lavage.

Il y a une très grande variété de scrubbers. En général, on les construit en tôle, et on les emplit de morceaux d'un corps qui ne se détériore, ni dans les gaz, ni dans l'eau, et qui ne servent qu'à étaler l'eau et à faciliter ainsi le lavage.

On emploie le coke, les galets de mer, les boules de verre, les briques, etc.

Il convient, à intervalles très éloignés, trois mois, six mois, quelquefois deux ans, de remplacer, ou nettoyer, les corps qui ont ainsi servi et ont laissé, dans les scrubbers, des portes pour le chargement et la vidange, ainsi qu'il faut laisser un syphon pour évacuer les eaux de lavage.

On tend à séparer les scrubbers en plusieurs étages, par des cloisons horizontales ajourées.

Cela permet de remplacer plus facilement le coke.

Cela permet aussi de faire jouer au scrubber le rôle de filtre.

Rien n'empêche de graduer de bas en haut, dans un scrubber à étages, la grosseur de la matière que le gaz doit traverser.

On peut, par exemple, mettre en bas du gros coke, à un étage supérieur, du coke plus petit, au-dessus, du grésillon. Enfin, en haut, de la fibre de bois.

On peut même faire traverser, par la pluie d'eau uniquement, les étages inférieures et laisser, au-dessus, une ou deux épaisses couches de corps secs, comme du grésillon, ou de la fibre de bois.

Le gaz sort ainsi nettoyé et desséché. Autrement, il faut prendre des précautions pour que l'eau entraînée n'engorge pas les tuyaux.

Les scrubbers sont des appareils peu coûteux, sans entretien, qui refroidissent et nettoient extrêmement bien.

Chaque fois que l'on emploiera du coke, ou que l'on se trouvera dans des conditions telles qu'il n'y a aucun inconvénient à entraîner les goudrons avec l'eau de lavage, on pourra mettre d'abord des scrubbers à la sortie du gaz, des récupérateurs, ou du gazogène.

SCRUBBER LENCAUCHEZ

M. Lencauchez, dans un de ses derniers brevets, a donné les dessins d'un barillet-laveur représenté par les figures 208, 209.

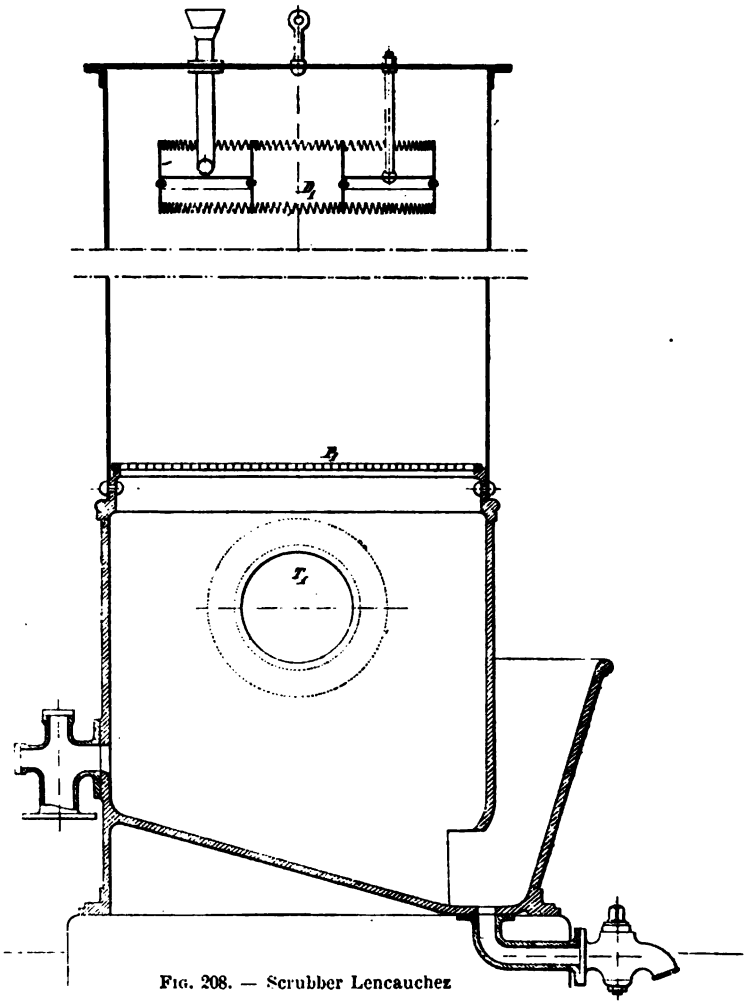


Fig. 208. — Scrubber Lencauchez

C'est un scrubber avec joint hydraulique, réservé dans la cuve en fonte sur laquelle est fixée la cuve en tôle d'acier qui

porte le coke. Le gaz vient d'abord barboter, par une tubulure T_1, dans une légère couche d'eau, dont le niveau est maintenu en j_1 par un siphon visible dans la figure 209.

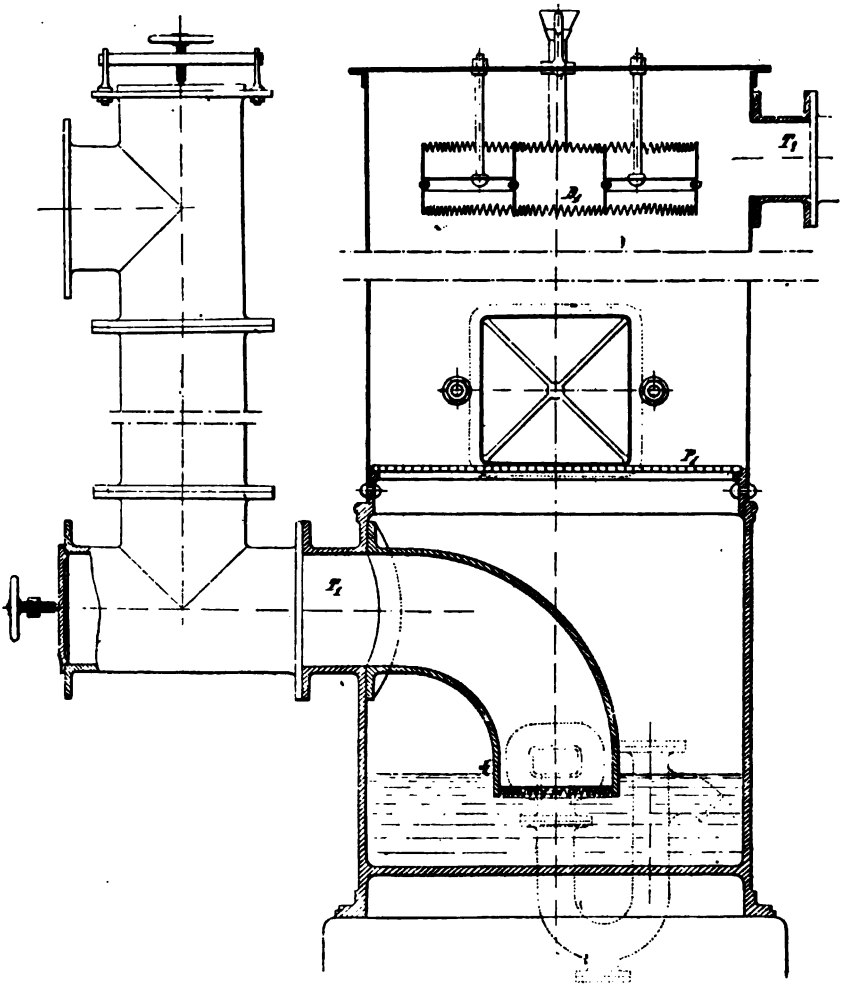


Fig. 209. — Scrubber Lencauchez.

Le gaz traverse une colonne, en tôle d'acier, remplie de coke, que l'on peut retirer par une porte visible sur la figure 209 et où l'eau est amenée par un distributeur D_1, formé de deux

colonnes circulaires concentriques dentées, ainsi que le montre la figure. Les gaz s'évacuent par la conduite T_2.

Il y a, à cet appareil, divers avantages. Les grosses poussières entraînées par le gaz viennent plonger dans l'eau, et l'appareil constitue, en même temps qu'un scrubber, un joint hydraulique.

ÉPURATEUR-LAVEUR-ÉCHANGEUR CROSSLEY ET ATKINSON

Je signalerai encore l'épurateur récemment breveté par MM. Crossley.

L'appareil que je vais décrire est assez singulier.

On sait qu'il convient, d'une part, de refroidir les gaz qui sortent d'un gazogène et que l'on n'arrive facilement à ce résultat qu'en les mettant en contact intime avec un courant d'eau.

D'autre part, le procédé inverse peut faciliter le réchauffement de l'air que l'on doit introduire au gazogène et le contact de l'eau chaude avec celui-ci a encore l'avantage de le charger de vapeur.

MM. Crossley ont imaginé un appareil dans le but de produire, en même temps, ces deux opérations ; c'est donc, à la fois, un épurateur, parce que le gaz, au contact de l'eau, dépose ses poussières et ses goudrons, un refroidisseur, un échangeur de chaleur, parce que le gaz entre chaud, par un bout de l'appareil, cède de la chaleur aux parois, qui échauffent, par contact, l'eau et l'air, qui circulent dans le sens inverse.

C'est encore un réchauffeur d'air, qui est ainsi chargé, en même temps, d'une assez forte proportion de vapeur d'eau.

L'appareil est représenté, en élévation (*fig.* 210).

L'on voit qu'il est composé d'une série d'éléments semblables orientés, tantôt de droite à gauche, tantôt de gauche à droite.

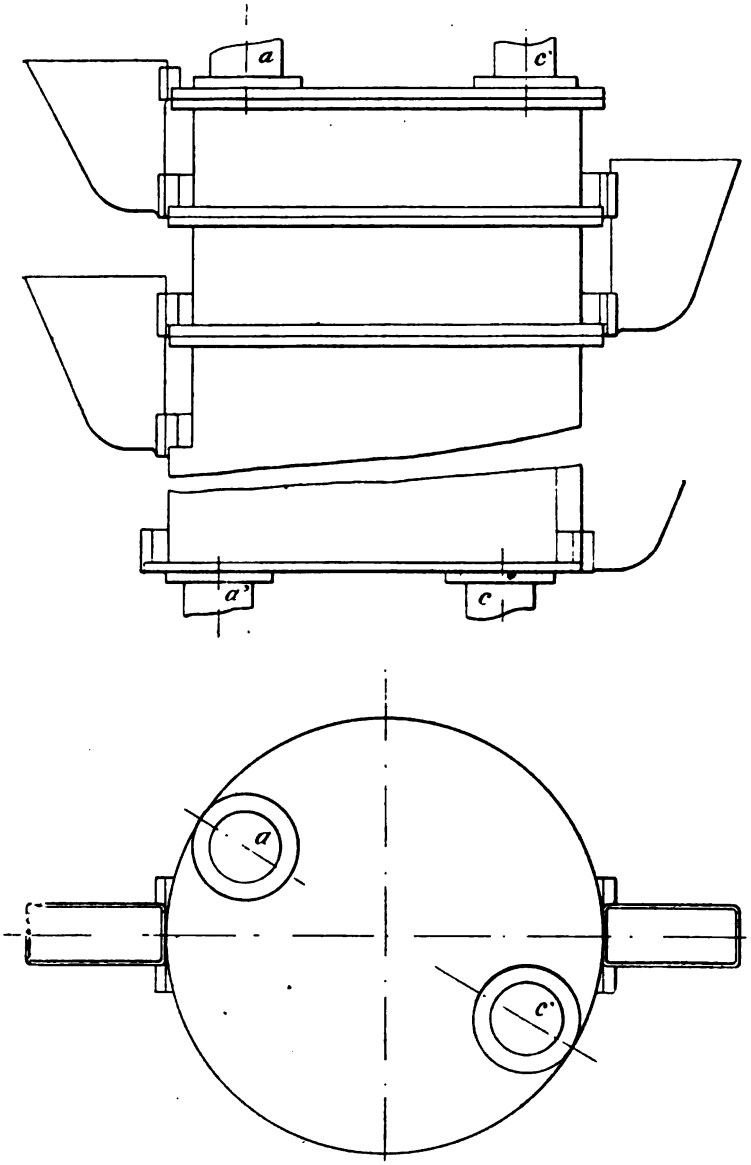


Fig. 210 et 211. — Élévation et plan de l'épurateur-échangeur Crossley-Atkinson

La figure 211 représente le plan de l'appareil ; les figures 212, 213, 214, diverses coupes.

On voit, dans ces figures, l'ouverture *a*, par laquelle entre le

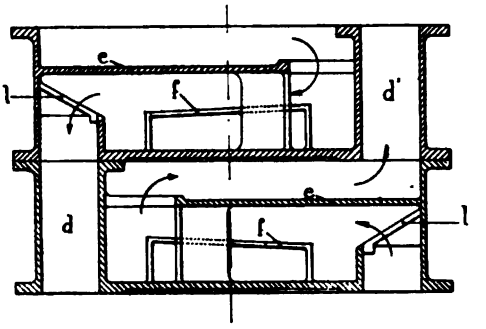


Fig. 212. — Coupe verticale de deux éléments suivant AB.

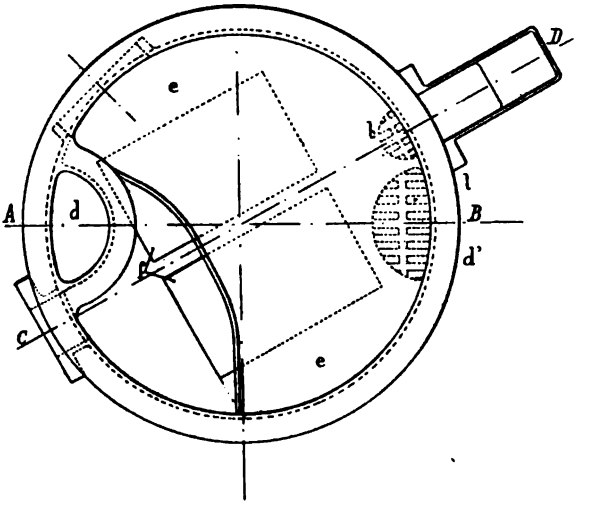


Fig. 213. — Coupe horizontale.

gaz, qui sortira refroidi en *a'*, l'ouverture inférieure *c* où entre l'air, qui sortira humide et chaud, en *c'*.

Chacun de ces éléments se compose essentiellement d'une caisse garnie de chicanes où l'air, ou le gaz, circule au contact de l'eau pour ressortir par une ouverture, placée immédiatement au-dessus de celle par laquelle il est entré.

Diamétralement opposée est une conduite, qui traverse l'élément et qui permet, pour le troisième élément, par exemple, de donner communication entre l'élément 2 et l'élément 4 aux fluides qui sont travaillés dans ces éléments.

De cette manière, si l'air barbotte, avec de l'eau, dans les éléments pairs, le gaz en fait autant dans les éléments impairs et ceux-ci échauffent par contact les premiers.

Ces éléments sont, en somme, disposés comme ceux d'une pile, en tension.

Les figures 212 et 213 montrent ces éléments en coupe, verticale et horizontale.

La coupe AB est faite par l'axe des ouvertures *d*, *d* qui donnent passage à l'air et aux gaz.

Les flèches montrent très nettement le sens du passage de ces fluides.

Si le gaz est supposé marcher de haut en bas, il lèche d'abord la paroi plane *e*, recouverte d'eau en très mince épaisseur; cette surface se termine au-dessus d'un double plateau *f*, incliné légèrement, de telle sorte que le gaz est obligé de circuler sous forme de lame entre *e* et *f* et *c*, et que l'eau qui est tombée en cascade de *e* sur *f* l'accompagne

Pour augmenter encore la surface de contact, on remplit les intervalles avec des matières poreuses, comme le coke.

On voit, dans la figure, que si *e* est une simple cloison horizontale, avec une très légère pente, les plateaux *f* sont, au contraire, des sortes de tables, entourées d'une rigole creuse, dans laquelle l'eau vient se réfugier. Aussi, le gaz, que l'on fait, pour plus de sûreté, traverser une grille *l*, peut sortir de l'élément sans entraîner l'eau avec lui.

L'élément au dessous, étant réservé au barbottage de l'air et de l'eau, le gaz le traverse par le conduit vertical *d* pour aboutir à l'élément suivant, où une opération semblable doit être effectuée.

Les flèches montrent le mouvement de l'air, circulant de bas en haut, rencontrant les mêmes obstacles, barbottant dans

la même eau, qui est de plus en plus chaude, au fur et à mesure que l'on s'élève dans l'appareil.

Pour que l'eau puisse passer d'un élément à l'autre, tout en conservant l'étanchéité nécessaire et qu'il n'y ait pas, d'une façon malheureuse, mélange d'air et de gaz, un dispositif ingénieux a été imaginé.

Pour circuler, l'eau se recueille dans les rigoles *i*, *i*, réservées autour des tables *f*. Cette eau aboutit à une ouverture *j*, qui

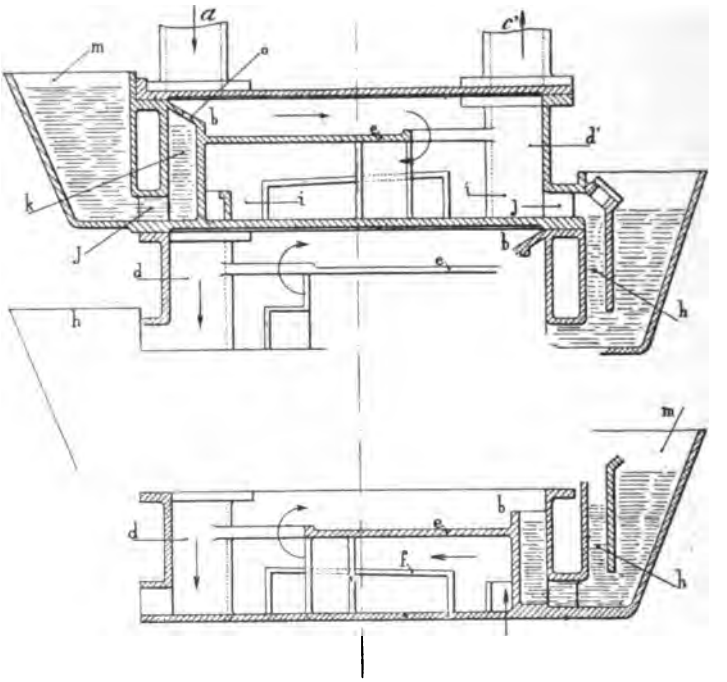


Fig. 214. — Coupe de l'appareil suivant CD.

la conduit à un siphon *hk* au-dessus des chicanes *e*, par des ouvertures *o*, ménagées dans une paroi inclinée.

Une branche de ce siphon est ouverte en *m* à l'air libre.

On conçoit donc que, si l'air et les gaz circulent exclusivement d'un élément pair, à un élément pair ou d'un élément impair à un élément impair, l'eau passe successivement par toute la série des éléments pairs et impairs et constitue ainsi un véhi-

cule qui facilite les échanges de chaleur entre le gaz et l'air.

C'est là une disposition très ingénieuse, d'autant plus recommandable que l'appareil est très simple et peu coûteux, précisément parce qu'il est formé par la superposition d'une série d'éléments semblables.

On peut faire varier, à volonté, le courant d'eau, en réglant l'arrivée de l'eau dans le premier réservoir, *m*, et obtenir le courant qui donne le résultat le meilleur.

Quand l'air est insufflé au gazogène, les défauts d'étanchéité de l'appareil sont peu à craindre. Ils n'auraient pour effet que de mélanger un peu de gaz à l'air qui aboutit au générateur.

L'air ne pourrait pénétrer dans le gaz, puisque la pression est inférieure.

TUYAUX D'ORGUE

Les tuyaux d'orgue sont très fréquemment employés pour refroidir et condenser les goudrons.

Ils se composent essentiellement d'une série de tuyaux en fonte, de section assez réduite, réunis deux par deux, par des T, et parcourus par les gaz, alternativement, de bas en haut, et de haut en bas. L'eau de lavage et les produits de condensation se rendent dans une grande cuve horizontale séparée par des cloisons d'où ils découlent.

On fait passer les gaz, successivement, dans tous les tuyaux, ou bien ils parcourent les tuyaux deux par deux, trois par trois, etc.

Plus il y a de tuyaux traversés à la fois, plus la vitesse du courant est lente, de telle sorte qu'il semble, avec les mêmes tuyaux, qu'il n'y a aucun avantage ni inconvénient à les faire circuler, au moyen de cloisons de la grande caisse, par deux, trois ou quatre.

Lorsque les tuyaux doivent être parcourus un par un, il y a à

craindre qu'un tuyau ne se bouche, avec le dépôt de goudron qui s'y forme. Aussi, pour ma part, je ne suis pas partisan de ce mode de groupement. Dans les figures 215, 216, et 217, j'ai représenté un jeu où les tuyaux sont assemblés 4 par 4 et 5 par 5.

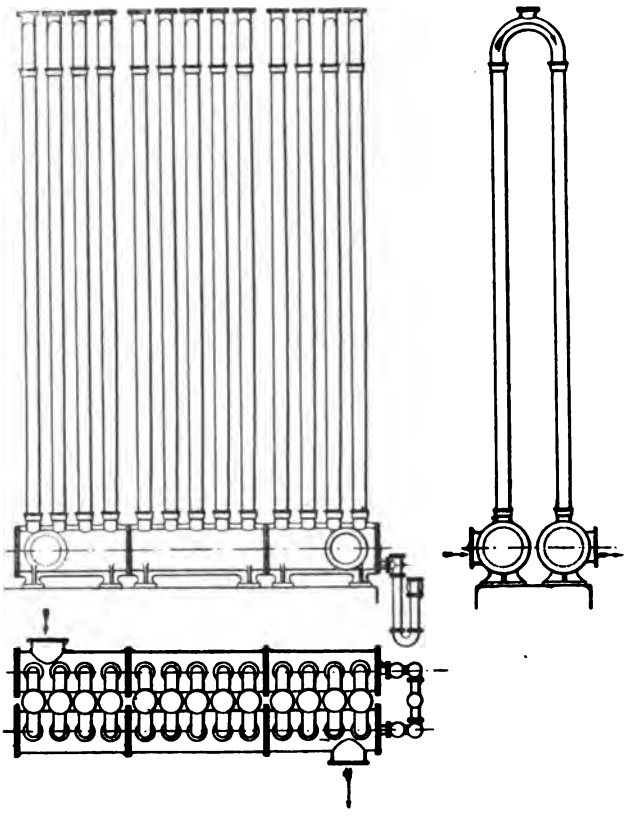


Fig. 215, 216, 217. — Tuyaux d'orgue.

Dans certains tuyaux d'orgue, on fait tomber de l'eau, de haut en bas, pour laver et refroidir le gaz. Il n'y a pas, alors, besoin que la section soit très réduite. Les tuyaux d'orgue agissent comme des scrubbers.

D'autres fois, on préfère fermer les tuyaux d'orgue, les plonger dans une caisse en tôle pleine d'eau.

Le refroidissement se fait alors par la surface externe. Il convient que les tuyaux soient de petit diamètre.

Dans tous les cas, il faut que les tuyaux, à leur partie supérieure, soient fermés par des tampons, que l'on puisse périodiquement retirer pour le nettoyage.

M. Thwaite installe, au haut de ses tuyaux, une caisse, en tôle, remplie d'eau. Il fait une chasse d'eau, par le tuyau, pour le nettoyer, quand il craint qu'il soit engorgé, sans avoir besoin d'interrompre le fonctionnement de l'appareil.

On a fait une variété très grande d'appareils d'épuration du même ordre.

On en trouvera la description dans les ouvrages relatifs au gaz d'éclairage.

Un des appareils qui est le plus employé, et dont on trouve le dessin, en coupe, dans la description que j'ai donnée du gazogène Dowson, c'est le filtre, chargé, le plus souvent, de fibres ou de sciure de bois, chargé fréquemment d'oxyde de fer, destiné à retenir les sulfures.

Ces filtres-là se composent, essentiellement, d'une ou deux caisses dans lesquelles les gaz circulent, de haut en bas ou de bas en haut, et où les matières filtrantes sont placées dans des tiroirs en toile métallique ou en tôle ajourée.

De cette façon, on peut fréquemment retirer les tiroirs, épurer ou remplacer la matière filtrante.

L'épuration a été poursuivie beaucoup plus soigneusement pour les gaz de hauts-fourneaux, où son étude s'impose, et dans lesquels les poussières sont particulièrement fines et difficiles à séparer des gaz.

Je ne décrirai pas, ici, les appareils spéciaux que l'on a imaginés dans ce but, je prierai plutôt de se reporter aux communications de M. Lürmann, de M. Dutreux, de M. Lencauchez, et à l'ouvrage que j'ai publié sur ce sujet.

Il est évident que les dispositions qui ont été adoptées pour les hauts-fourneaux conviennent également pour les gazogènes

et qu'il y a lieu, au moins, de s'inspirer de leurs principes.

A ce sujet, il faut prendre en considération sérieuse les travaux de M. Thwaite, et il est certain que son filtre en forme de bobine où la matière filtrante est placée dans un cylindre creux, que les gaz traversent, de l'extérieur à l'intérieur, est une solution particulièrement heureuse.

On a cherché, surtout, à utiliser les effets de la force centrifuge pour séparer, dans un gaz, les matières solides, telles que les poussières, qui sont en suspension, et les matières liquides qui restent aussi en suspension, parce qu'elles sont condensées en gouttelettes excessivement fines.

On sait que, lorsqu'un corps est excessivement petit, sa surface devient infiniment grande par rapport à son volume et à son poids, et que, dans ces conditions, la résistance d'un gaz, contre la surface de cet infiniment petit, devient très grande.

C'est pour cette cause surtout que les poussières impalpables sont si facilement entraînées dans l'air et qu'il est à peu près impossible de les séparer, par le seul effet de la pesanteur.

Évidemment, dans une masse gazeuse, où les vitesses relatives des différentes parties des gaz seraient nulles, les unes par rapport aux autres, toutes ces particules tomberaient au bas du récipient, au bout d'un temps plus ou moins long, et il serait facile de les recueillir.

Mais il suffit du moindre remous, dans la masse gazeuse, ou d'une légère vitesse de progression du gaz, pour que les poussières soient entraînées.

Aussi, rencontre-t-on deux difficultés, pour faire cette séparation. La première, c'est qu'il est impossible de faire des appareils, assez grands et assez soustraits aux influences extérieures, pour que les gaz y séjournent suffisamment en repos.

La seconde est que, soit en voulant enlever les poussières, soit en voulant évacuer les gaz, on produira toujours un remous, dans lequel les poussières seront à nouveau dans la même proportion.

On a facilement trouvé le moyen de remédier au second inconvénient.

Il suffit, en effet, que le dépôt des poussières se fasse sur une couche d'eau et que les poussières y plongent.

Dès qu'une poussière est mouillée, l'air ne peut plus l'envelopper et elle est irrémédiablement séparée du gaz.

Pour vaincre la première difficulté, il y avait un moyen bien simple, auquel il semble que M. Theisen de Bâle, soit le premier qui ait songé, c'était de substituer, à l'action de la pesanteur, un autre effort beaucoup plus puissant, la force centrifuge, pour séparer les poussières et les gaz.

Les poussières et les particules, d'eau ou de goudron, condensées, ont une densité 2.000 fois, en moyenne, supérieure à celle du gaz dans lequel elles sont diluées. Si donc on imprime, à toute la masse, un mouvement rapide autour d'un axe, on produira un effort centrifuge relatif 2.000 fois plus considérable sur les poussières que sur les particules gazeuses, et cet effort centrifuge pourra être plus considérable que celui de la pesanteur.

Par exemple, si la masse gazeuse tourne dans un appareil à 500 tours par minute, avec un rayon de 1 mètre, l'effort sur une masse de 1 gramme sera de près de 3 kilogrammes.

Cet effort est évidemment proportionnel à celui de la pesanteur; mais, quand il devient beaucoup plus considérable, il dépasse l'effort résistant dû au frottement du gaz contre la surface de la particule et la poussière se trouve projetée radialement.

Si donc, cette poussière est projetée dans l'eau, ou, ce qui revient au même, s'il y a de l'eau projetée en même temps que la poussière sur une paroi, les particules se mouilleront, elles pénétreront, par la vitesse acquise, dans l'eau, et, comme je l'ai dit plus haut, une fois mouillées, les poussières sont définitivement séparées des gaz.

On a donc fait après l'appareil Theisen, que je ne décris pas, parce qu'il est trop considérable pour être employé avec des gazogènes de l'importance habituelle, toute une série d'épurateurs centrifuges, dont je vais présenter quelques-uns.

Je signalerai, d'abord, l'épurateur Lencauchez, qui est un épurateur à chocs, comme on en fait dans les installations gazières, pour séparer les goudrons.

Il y a, là, un principe analogue à celui des épurateurs centrifuges.

Au lieu de donner une vitesse au gaz autour d'un axe, afin de séparer les poussières par la force centrifuge, on donne une grande vitesse de progression au gaz et on change brusquement la direction de cette vitesse, en faisant frapper la lame gazeuse, dans une gouttière.

Les poussières, entraînées par leur force vive, continuent leur mouvement, tandis que les gaz, moins denses, se retournent des deux côtés de la gouttière,et l'on recueille ainsi une partie de ces poussières.

M. Kœrting a apporté un grand perfectionnement à cet appareil, en faisant couler, dans les gouttières, un filet d'eau, qui emprisonne les poussières.

C'est pourquoi son appareil a un tout autre effet que celui de M. Lencauchez, mais je le signale seulement ici et je ne le décris pas, parce qu'il s'emploie uniquement, à ma connaissance, pour l'épuration des gaz de hauts-fourneaux.

ÉPURATEUR A CHOCS LENCAUCHEZ

M. Lencauchez a fait breveter, comme addition à son brevet de septembre 1897, un appareil d'épuration, fort original.

Le principe consiste à diviser le courant gazeux en lames minces venant frapper normalement dans une rigole métallique, de telle sorte que le gaz est obligé de revenir en arrière, alors que les goudrons, ou les poussières plus denses, restent pris sur la paroi concave.

Il n'a manqué à M. Lencauchez que de penser à fixer

les impuretés sur la paroi, en la mouillant, pour que son invention soit complète et ait une haute portée.

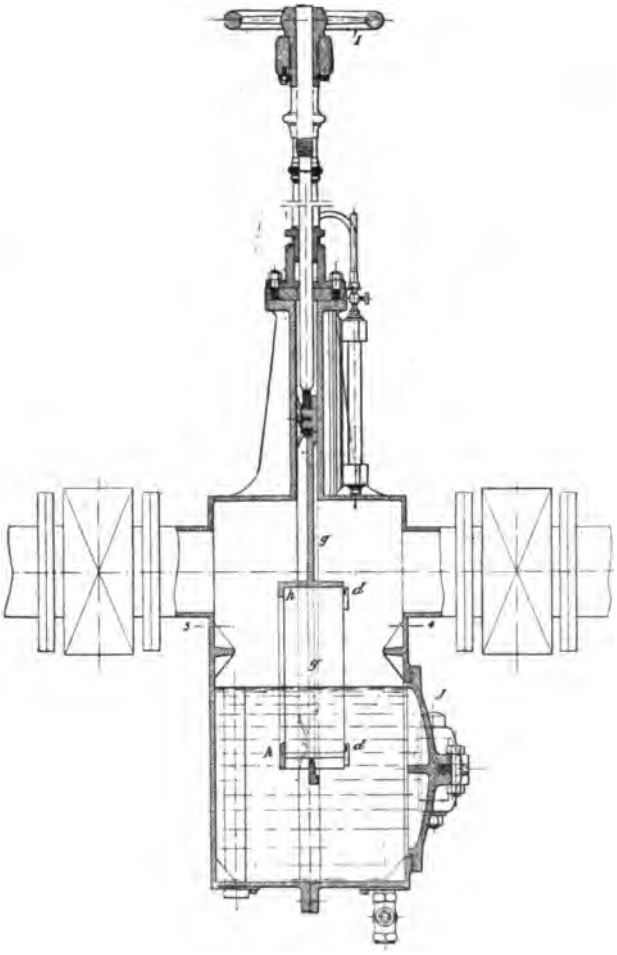


Fig. 218. — Épurateur Lencauchez. — Coupe et vue d'ensemble.

La figure 218 montre une coupe verticale de l'appareil, et la figure 219, une coupe horizontale.

Le gaz amené en I aboutit, dans une chambre rectangulaire, dont la partie inférieure est remplie d'eau et qui est séparée,

dans son milieu, par une cloison *hhdd*, qui constitue l'épurateur.

C'est une sorte de plateau, dont la figure 220 représente une coupe suivant le plan vertical 1,2.

On y voit huit sortes de grilles rivées, en *c*, *c*, sur deux fers en **T**, qui en maintiennent l'écartement.

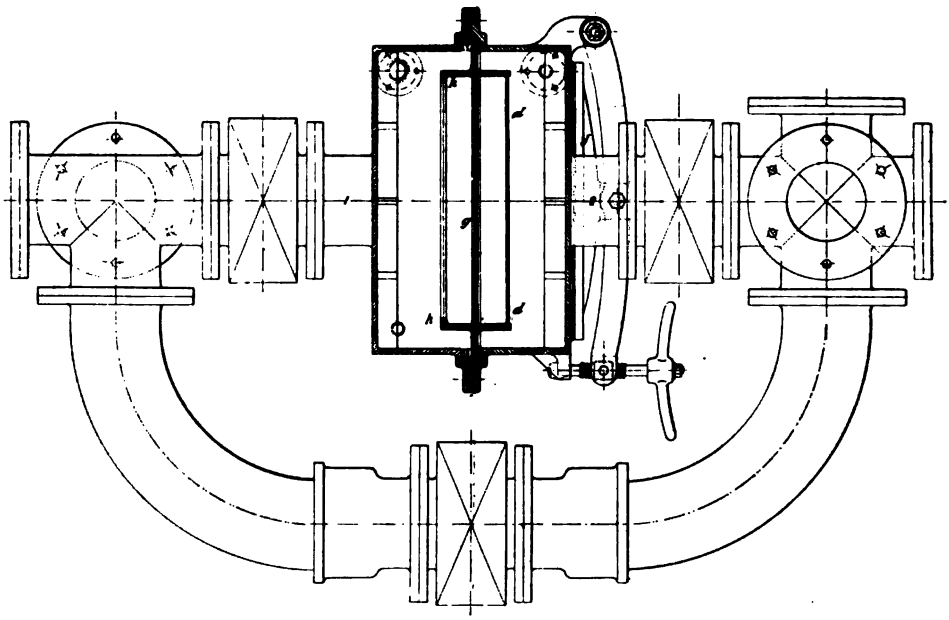


Fig. 219. — Épurateur Lencauchez. — Vue en plan et coupe.

La coupe horizontale, représentée, en 221, montre la forme de ce qui constitue, en quelque sorte, les barreaux ondulés de ces grilles.

On y voit que la succession de ces barreaux donne, soit des rigoles arrondies, où le gaz viendra frapper, soit, au contraire, des fentes, allant en se rétrécissant, formant, en quelque sorte, tuyères, et qui permettent d'envoyer le gaz, dans le sens *hd*, frapper sur la partie creuse d'un des barreaux de la grille suivante.

La figure 222 montre l'une de ces grilles, vue par derrière,

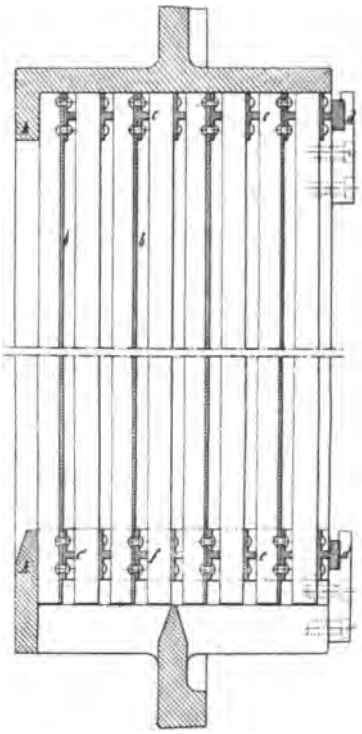
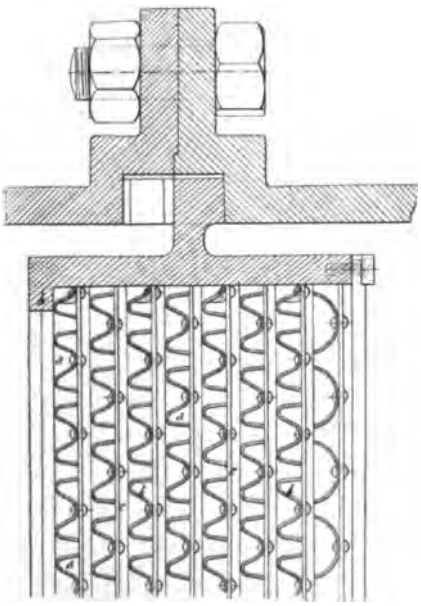


Fig. 220. — Coupe verticale du plateau



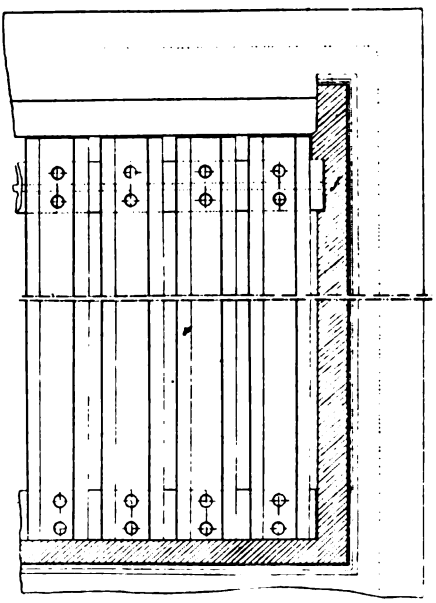


Fig. 221 et 222. — Coupe horizontale du plateau et vue de la grille par derrière.

ainsi que la disposition des deux fers à T, sur lesquels les barreaux sont rivés.

Enfin, dans la figure 218, on voit un volant I, qui permet d'élever, ou abaisser, le cadre *hhdd*, de façon à pouvoir le faire plonger entièrement dans l'eau.

M. Lencauchez pense pouvoir, par ce procédé, régler la vitesse du passage des gaz au travers des grilles. Cette vitesse a effectivement une importance considérable, puisqu'en somme, c'est par l'effet de la force centrifuge que les poussières et les goudrons se séparent des gaz et que la vitesse est d'autant plus considérable que la section du passage de l'air est plus restreinte.

On voit encore, dans cette figure, une porte J, qui peut permettre, quand le cadre est abaissé et que l'on a évacué l'eau, de nettoyer ou de réparer les grilles.

ÉPURATEUR CENTRIFUGE LETOMBE

L'épurateur se compose essentiellement d'une caisse cylindrique verticale B dans lequel le gaz, introduit par la tubulure A, à la partie inférieure, est entraîné dans un vif mouvement, par les ailettes E, supportées par l'arbre vertical D, qui repose sur une crapaudine et, soutenu en haut dans une douille, est mis en mouvement par un engrenage F.

Le gaz sort, en C, au haut de l'appareil.

L'eau pénètre par le robinet G, aboutit à une sorte d'entonnoir H, qui est entraîné avec l'arbre et projette l'eau, sur les parois de la caisse B, où elle ramasse les poussières que le mouvement centrifuge applique sur ces parois.

L'eau s'écoule dans le bassin I, disposé avec un trop plein J et qui forme joint hydraulique.

Tel que cet appareil est décrit et représenté, il doit simple-

ment jouer le rôle d'épurateur et ne pas servir à entraîner les gaz.

M. Letombe en a installé plusieurs qui, paraît-il, fonctionnent très bien.

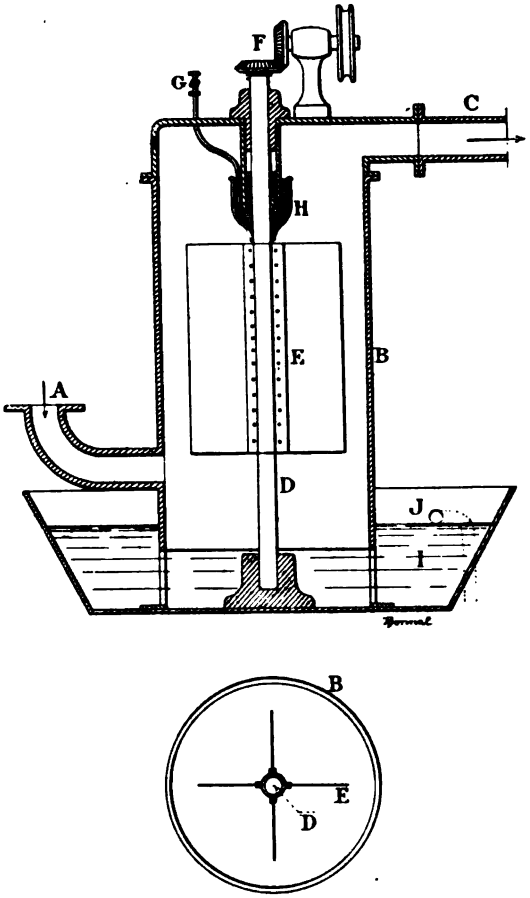


Fig. 223 et 224. — Épurateur centrifuge Letombe.

ÉPURATEUR CENTRIFUGE CROSSLEY ET ATKINSON

La maison Crossley, de Manchester, a fait, elle aussi, breveter un épurateur centrifuge, que l'on voit représenté figures 225 et 226.

L'air entre en *a*, dans une large tubulure et est aspiré, autour de l'arbre *l*, par les ailettes d'une pièce tournante *mm*, entraînée par l'arbre *l*, qui est lui-même mis en mouvement par les poulies *s*, *s'*.

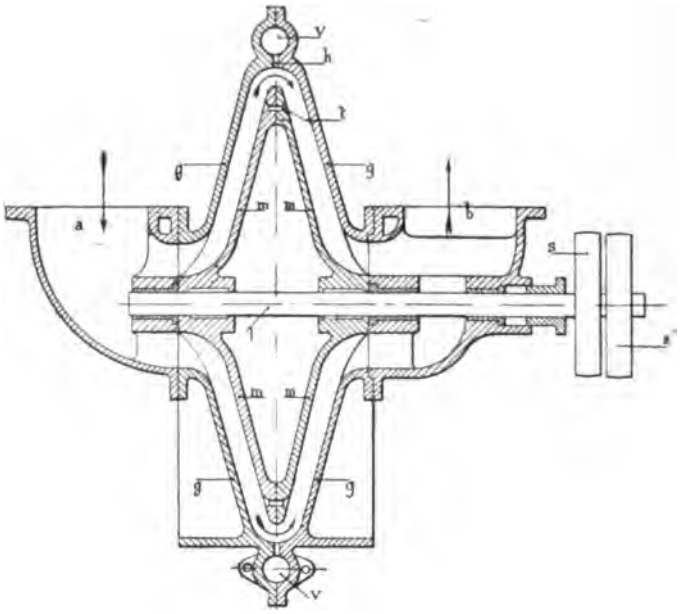


Fig. 225. — Épurateur centrifuge Crossley et Atkinson. — Coupe par l'axe.

Ce ventilateur se compose de deux cônes réunis, à leur base par des boulons *t*, ainsi qu'il est visible dans les deux figures et qui portent des nervures radiales *p*, *p*, qui entraînent le gaz et lui communiquent un vif mouvement de rotation.

Les nervures de l'une des faces sont dirigées de façon à donner seulement ce mouvement de rotation, tandis que celles de l'autre face doivent donner un mouvement de translation dans le sens de l'axe et entraîner les gaz, qui s'échappent, suivant la flèche, en *b*, par une conduite semblable à celle d'amenée.

Cette pièce tournante est contenue dans une enveloppe fixe *gg*, qui se compose de deux parties, laissant entre elles, à

leur extrémité, un léger intervalle *hh*, communiquant sur tonte la périphérie à une rigole extérieure *rr*, au delà de laquelle les deux parties de l'enveloppe forment une double collerette qui les réunissent.

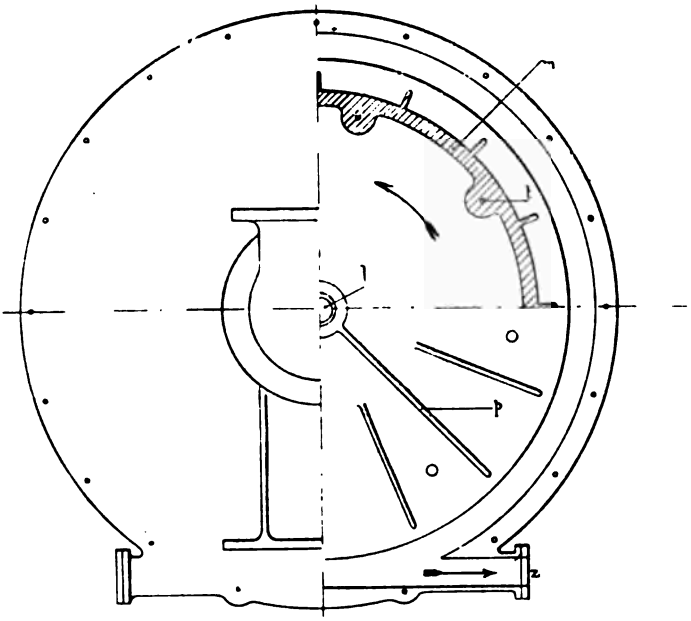
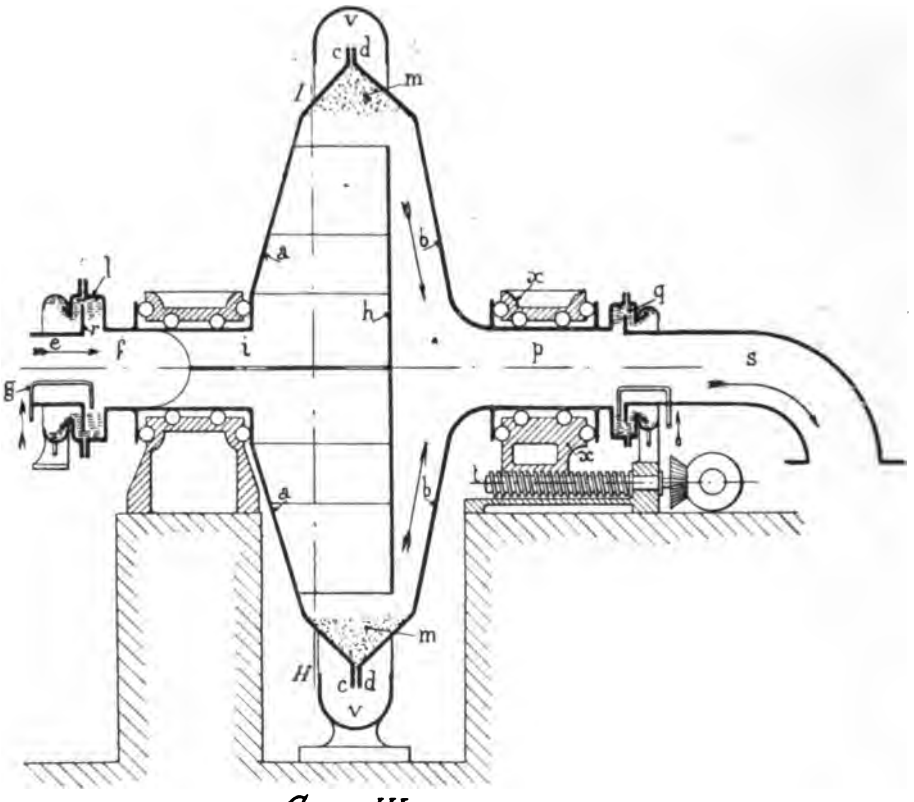


Fig. 226. — Épurateur centrifuge Crossley et Atkinson, coupe et vue perpendiculaires à l'arbre.

Il est bien évident que les poussières entraînées par la force centrifuge, avec ou sans eau, franchiront les fentes *h* et s'écouleront par la rigole *r*, d'où elles sortiront et seront expulsées en *z*.

ÉPURATEUR CENTRIFUGE SALTAR.

L'épurateur centrifuge Saltar est très ingénieux. Au lieu d'être formé comme les autres épurateurs centrifuges, ci-dessus



Coupe IH

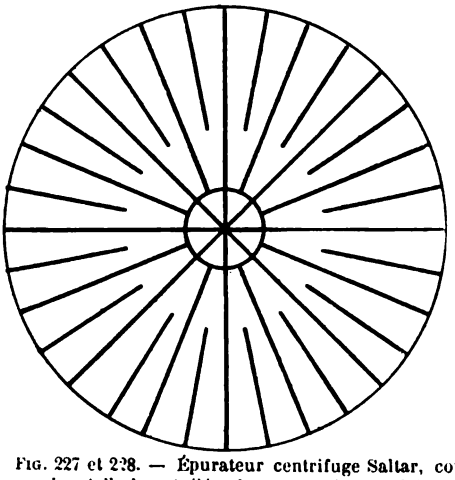


FIG. 227 et 228. — Épurateur centrifuge Saltar, coupe de l'appareil suivant l'arbre et élévation, normalement à l'arbre, des ailettes.

décrits, d'une pièce mobile tournant dans une pièce fixe, il se compose d'une grande caisse cloisonnée tournante.

Dans un ventilateur ordinaire, l'air entraîné par les palettes frotte sur les parois de la boîte qui les enferme.

Il se produit d'abord un travail inutile et perdu et ensuite une usure rapide des cloisons, quand cet air est chargé de poussières.

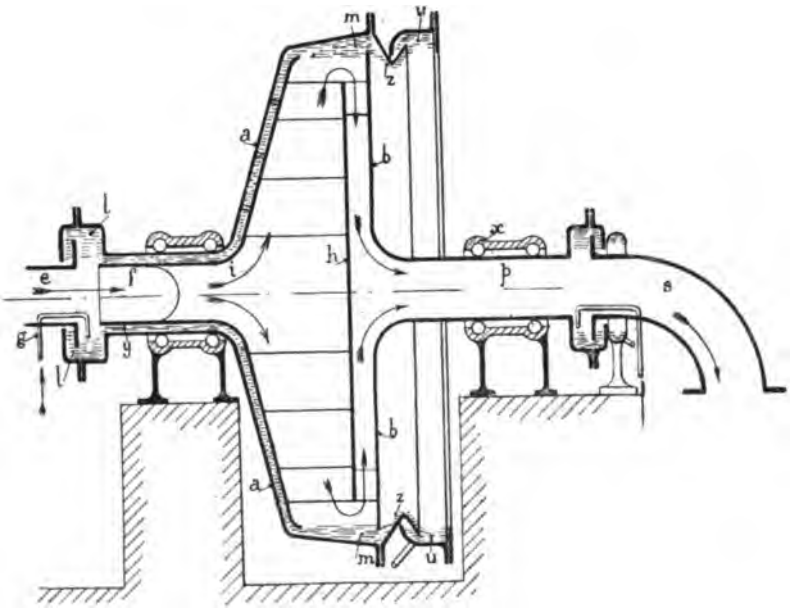


Fig. 229. — Épurateur Saltar avec projection d'eau.

Pour éviter, ainsi, les frottements qui sont inutiles et pour que les particules gazeuses soient animées d'un rapide mouvement de rotation autour d'un axe, M. Saltar fait tourner à la fois tout l'appareil.

Les figures 227 et 228 représentent un épurateur destiné à fonctionner à sec, et la figure 229, un épurateur destiné à fonctionner en présence de l'eau.

Le premier appareil se compose d'une caisse en tôle, formée de deux tambours, *aa*, *bb*, tronconiques, venant se rejoindre sur le même plan, par deux collerettes *cc*, *dd*.

A l'intérieur de cette caisse, est fixée une paroi plane *h*, sur laquelle est disposée toute une série de cloisons, qui rayonnent autour de l'axe de rotation *i*, ainsi qu'on le voit dans la coupe I, H.

Toutes ces cloisons sont solidaires de la partie *aa* de la caisse et ne servent qu'à entraîner le gaz dans le mouvement général de rotation.

Le gaz est amené, en *e*, par une tubulure fixe, et pénètre dans l'appareil par la conduite *f*, faisant corps avec la caisse *aa* et roulant sur des billes, comme il est indiqué dans la figure.

De l'eau venant par un petit conduit *g*, est maintenue, par la force centrifuge, dans une couronne *l*, formant joint hydraulique avec le rebord *r* de la tubulure *e*, ce qui permet d'éviter le mélange de l'air extérieur avec les gaz.

Quand ceux-ci, entraînés dans le mouvement de giration, ont parcouru l'appareil, dans le sens indiqué par les flèches, ils sortent par le conduit *p*, prolongeant la caisse *bb* et tournant également sur des billes.

Un joint hydraulique *q* fait, d'une façon analogue, de ce côté de l'appareil, la réunion hermétique de la partie mobile et de la conduite fixe *s*, par où les gaz s'échappent.

Au bout d'un certain temps, quand on estime qu'il y a assez de poussières réunies en *mm*, on déplace de gauche à droite, au moyen d'une vis sans fin *t*, le palier *x* qui supporte *p* et la caisse solidaire *bb*. La collerette *d* s'écarte alors de celle de *c* et permet, aux poussières, de s'échapper, avec un peu de gaz, dans le collecteur annulaire *vv*.

Dans la figure 229, les dispositions sont analogues.

La différence consiste en ce que le palier *x* qui supporte le tube *p*, n'est pas mobile et que la partie *bb* peut être ainsi fixée d'une façon invariable à la partie *aa*.

Cette dernière est à double cloison de façon que, dans l'intervalle, puisse pénétrer, en *y*, de l'eau provenant du joint hydraulique *l*, que cette eau ne vienne pas se mélanger avec les gaz, et soit séparément entraînée dans les parties les plus lointaines de l'axe, en *mm*.

Là est disposé un grand joint hydraulique analogue à celui qui est aux deux extrémités de la pièce mobile. L'eau s'échappe par l'espace annulaire *zz*, quand elle atteint une épaisseur trop grande et est recueillie, dans la rigole fixe *uu*, munie d'un tuyau de vidange à sa partie inférieure.

Cet appareil semble extrêmement intéressant, mais je ne lui connais pas encore d'application en Europe.

CONDUITES ET VANNES

Pour l'établissement des conduites, on cherche, en général, à avoir partout la même section.

C'est qu'en effet, chaque fois qu'il y a un changement de section, il y a une variation de la vitesse du gaz entraîné.

Les diminutions de vitesse produisent des pertes de force vive, transformée en chaleur, sans aucun bénéfice.

Quant aux augmentations de vitesse, elles sont faites au détriment de la force motrice nécessaire à la propulsion des gaz. Il ne peut y avoir compensation.

Donc, il n'y a pas d'avantage, mais au contraire du déchet, à remplacer une portion d'une conduite par une autre plus large. C'est un inconvénient de même genre, que celui que produirait un étranglement.

On doit, en conséquence, chercher à conserver partout, autant que possible, la même section.

Comme les pertes de force vive sont proportionnelles au carré de la vitesse et le débit, à la vitesse, il s'en suit que, la résistance des gaz, dans les conduites, croît, à peu près, en raison inverse de la section.

On devra donc les faire aussi larges que possible.

Il y a à cela d'autres raisons.

Une partie des poussières et des goudrons se déposent dans les tuyauteries et d'autant plus facilement que le courant y est plus rapide.

D'autre part, ces dépôts peuvent gêner le passage, et il convient encore, pour cette raison, de faire plutôt les sections trop grandes.

Enfin, de même, il faut éviter les coudes et placer les tuyaux de façon qu'ils puissent être visités et les doubler, autant que possible, lorsqu'on doit craindre des engorgements.

Lorsque l'on cherche à faciliter les dépôts de poussières, comme souvent au sortir des gazogènes, avant d'atteindre les épurateurs, on pourra alors sacrifier une partie de la pression et mettre, avec intention, des tuyaux coudés, ou faire varier brusquement la vitesse du gaz.

On constitue, ainsi, de bons épurateurs à sec, avec des tuyaux concentriques. Dans le tuyau central, le gaz arrive, de haut en bas, avec une certaine vitesse et remonte, brusquement, dans la gaine extérieure, de section beaucoup plus grande, en abandonnant les poussières dans une trémie inférieure que l'on remplit souvent d'eau.

Des épurateurs de ce genre, constituant alors de vastes appareils, sont très fréquemment employés dans les hauts fourneaux.

S'il y a grand intérêt, dans une bonne installation, à ce que les conduites soient larges, il faut aussi éviter leur trop grande longueur. Enfin un des points essentiels, caractéristiques d'une bonne conception d'ensemble, est de disposer les gazogènes et les appareils auxiliaires de façon à ce que l'on puisse toujours isoler un appareil, sans gêner le fonctionnement des autres.

On devra éviter, autant que possible, les installations qui ne comprendraient qu'un gazogène, un tuyau d'orgue, un scrubber, et un filtre par exemple.

Il faudra rechercher qu'il y ait deux ou trois gazogènes, et, au moins, que les appareils d'épuration soient en double.

Dans ces conditions, en reliant les appareils entre eux, d'une façon ingénieuse, le jeu des vannes et des joints hydrauliques peut permettre de ne faire fonctionner qu'un ou deux gazogènes et avec tel jeu d'épuration qu'il convient.

Je montrerai, dans le chapitre suivant, pour les eaux de

Bâle, et pour l'usine d'Embrach, des dispositions fort simples, qui sont, à ce sujet, un modèle.

Quelquefois, à tort peut-être, préfère-t-on mettre plusieurs gazogènes, ayant chacun son propre système d'épuration.

Si un encrassement arrête le bon fonctionnement de l'un des appareils, on allume un autre gazogène, et substitue l'un des groupes à l'autre. C'est ce que je montrerai pour l'usine de Barcelone.

GAZOMÈTRES

Il y a des appareils que l'on ne peut pas mettre en double, parce qu'ils sont onéreux, encombrants et que les accidents y sont bien rares, tels sont les gazomètres.

On éliminera, avec ceux-ci, toutes chances d'un arrêt intempestif en mettant un by-pass : c'est-à-dire, en réunissant l'amont et l'aval de la conduite principale, par une conduite munie d'une vanne et en installant deux autres vannes, pour fermer, en cas de besoin, l'entrée ou la sortie du gazomètre.

On pourra, ainsi, faire passer le gaz directement, sans traverser le gazomètre, si celui-ci a besoin d'être visité ou vidé.

On tend, de plus en plus, à faire les gazomètres petits. Ils ne doivent plus guère être considérés que comme des réservoirs destinés à atténuer les irrégularités de production et de consommation et ne doivent jamais être envisagés comme des accumulateurs.

Il n'y a qu'avec les gazogènes qui fournissent du gaz non homogène, qu'il peut y avoir besoin de grands gazomètres.

Il y a lieu d'éviter, dans les gazomètres, que l'acide carbonique se dépose au fond et il faut les vider quelquefois.

En résumé, pour qu'une installation de gazogène soit bien comprise, il faut :

Avoir, autant que possible, plusieurs gazogènes.

Installer en double, la plus grande partie des appareils auxiliaires, et mettre des by-pass à ceux qui ne peuvent être doublés.

Éviter les variations de section dans les conduites.

CHAPITRE XIV

RÉCUPÉRATEURS ET RÉGÉNÉRATEURS

En parlant des appareils auxiliaires des gazogènes, j'ai omis, à dessein, de parler de ceux qui servent à récupérer une partie de la chaleur entraînée par les gaz et à l'utiliser à réchauffer l'air primaire.

Les appareils de cette sorte ont un intérêt de tout premier ordre; mais, cependant, il ne faut pas les considérer comme absolument indispensables. C'est pourquoi je n'en ai pas parlé avec les appareils précédents.

Dans les petites installations, et dans celles où l'économie du rendement n'est pas une nécessité de premier ordre, il vaut même mieux ne pas chercher à récupérer la chaleur entraînée par les gaz.

Le rendement des gazogènes est généralement évalué de 75 à 85 0/0.

Il paraît cependant que certains gazogènes ont un rendement plus élevé.

Il est intéressant d'examiner quelles sont les causes principales de cette perte de 15 à 25 0/0 de la chaleur latente que possède le combustible.

Il y a perte par les parois, et cette perte varie beaucoup suivant la forme des parois.

En admettant que, dans un élément de paroi, la chaleur

qui traverse soit proportionnelle à la surface de l'élément, inversement proportionnelle à l'épaisseur élémentaire de la paroi et proportionnelle à la différence de température sur les deux faces, suivant l'hypothèse de Poisson, on pourrait croire, en faisant la faute d'appliquer à une quantité finie les relations établies pour les quantités élémentaires, que la quantité de chaleur, qui s'échappe par les parois, est nulle, si l'épaisseur de celles-ci est infinie.

On applique souvent un raisonnement semblable à la partie basse d'un gazogène qui s'appuie sur le sol, et l'on croit que la perte par le sol est négligeable.

En admettant la loi ci-dessus qui, comme toutes les lois de physique, n'est pas rigoureuse, on peut calculer que la perte par le sol est, au contraire, très considérable.

Elle est théoriquement nulle, pour une surface très grande et complètement plane; elle croît, comme l'inverse du rayon, quand la surface est sphérique, et, quand la surface est cylindrique, elle croît moins vite que l'inverse du rayon.

On comprend, dans ces conditions, que, pour le fond généralement plat d'un gazogène, si la partie plate, considérée isolément, ne fournit pas de perte, les raccordements de cette partie, avec la surface cylindrique qui forme l'enveloppe du gazogène, fournissent un déchet considérable.

Sans entrer dans des calculs, que je compte exposer plus tard, quand j'aurai pu les vérifier expérimentalement, je crois pouvoir poser en principe :

1° Que la perte de chaleur par le sol dans le fond d'un gazogène n'en est pas moins grande que si l'épaisseur de la maçonnerie, qui garnit le fond du gazogène, était tout au plus supérieure au huitième du rayon.

Comme conclusion, toutes choses égales d'ailleurs, il convient que le gazogène ait, en plan, la plus grande surface possible;

2° Il y a une limite, assez vite atteinte, à l'épaisseur à donner à la paroi verticale du gazogène.

au préalable, du c
les gaz.

Ce gazogène re
deux cuves et n
dont la qualité e
traverse qu'une
la combustion n
zontale de la pr

Quant à la r
gulier, car on d
trielle que la co
est presque null
brûle autant de
duire le gaz lui-

Il serait d'aill
bonique se fass
colonne *g* serait
part un tampon
moyen on pour

Ce qu'il y a d
la colonne *g*, s'
qui y arrivent.
au moins dans
versent, tender
bures d'hydro
gaz pour le ch

Toutefois le
faisants avec
pour lesquels
n'agissait pas

Cela tenait
fumées. Aus
notamment
seconde rentr

Les gaz fo
de coke et, p

...onvénient est encore produit par les ... du gaz au chargement du combustible, ... qui peut se produire, si un filet d'air ... brûler par une cheminée et vient allu-...

... cause accidentelle, qui doit être évitée si ...sement un gazogène de façon que, partout, ...ustible soit suffisamment épaisse et que les ...nt pas trop *tentés de suivre les parois.*

... perte de calorique est la chaleur entraînée par ...nt du gazogène à haute température.

...i du gazogène, il se peut que ce déchet ait ...s ou moins considérable.

...es gaz sont destinés au chauffage d'un ... d'aucun appareil de récupération, ou de ...ien certain que toute la chaleur entraînée ...ment employée, et que ce sera une éco-...oi de la chaleur potentielle du combus-...

... ainsi que je l'ai déjà dit, il n'y a ...e que les gaz sortent très chauds du ...ens sans réaction endothermique vaut ...

...r est instal... ...on à donner le ...oir calori... que le gaz lui ... n'est ...re d'abandonner, ...gène ...ité de chaleur qui ...ar... chaleur totale four-...

...ènes, notamment les ... entre 800° et 900°. ... déchet peut atteindre ...ue fournit le combus-

Il est d'ailleurs facile de comprendre que, d'une part, plus cette paroi est épaisse, plus elle semble s'opposer au passage de la chaleur, mais que, d'autre part, plus elle est épaisse, plus la surface de refroidissement est considérable. De sorte que, en dehors d'une certaine épaisseur, il est pratiquement peu avantageux d'alourdir l'appareil, en augmentant son épaisseur.

Il est difficile d'évaluer bien rigoureusement les pertes de chaleur des gazogènes par les parois.

Il semble cependant qu'elles ne doivent jamais atteindre un chiffre bien élevé, que l'on peut les réduire facilement à 5 0/0, mais que l'on essaierait en vain d'améliorer beaucoup plus.

On pourrait, cependant, recouvrir de bois, comme on le fait pour les chaudières, la tôle qui entoure généralement les gazogènes, dans le but de maintenir les produits réfractaires et d'assurer l'étanchéité de l'appareil.

Là, où la perte aux parois semble être la plus considérable, c'est autour de la grille et du cendrier.

Malheureusement, dans la plupart des gazogènes, c'est une perte inévitable, car il est de toute nécessité que les grilles ne s'échauffent pas trop, sans quoi elles brûleraient.

Il est certain que les gazogènes, où l'air n'est pas envoyé sous la grille ou est, du moins, séparé du combustible, par une couche de mâchefer, de façon que la combustion ne se fasse pas sur la grille, sont infiniment supérieurs, à ce point de vue, aux gazogènes du type primitif Dowson.

C'est, notamment, un des bénéfices du type américain Taylor. Il est, en tout cas, certain, que les quantités de chaleur qui s'échappent du combustible, en deçà de la zone de combustion, sont très considérables.

Elles ne sont généralement pas perdues entièrement. Elles sont recueillies pour réchauffer l'air et la vapeur qui alimentent le gazogène.

D'autres causes de pertes sont les chaleurs entraînées par les scories qui quittent le gazogène à haute température.

Enfin, un grand inconvénient est encore produit par les combustions anticipées du gaz au chargement du combustible, ou par la combustion qui peut se produire, si un filet d'air traverse la cuve sans brûler par une cheminée et vient allumer le gaz à la sortie.

Il s'agit là d'une cause accidentelle, qui doit être évitée si l'on dispose heureusement un gazogène de façon que, partout, la couche de combustible soit suffisamment épaisse et que les gaz et l'air ne soient pas trop *tentés de suivre les parois.*

La principale perte de calorique est la chaleur entraînée par les gaz qui sortent du gazogène à haute température.

Suivant l'emploi du gazogène, il se peut que ce déchet ait une importance plus ou moins considérable.

Si, d'une part, les gaz sont destinés au chauffage d'un four, qui n'est muni d'aucun appareil de récupération, ou de régénération, il est bien certain que toute la chaleur entraînée par les gaz sera utilement employée, et que ce sera une économie faite sur l'emploi de la chaleur potentielle du combustible.

Dans ces conditions, ainsi que je l'ai déjà dit, il n'y a aucun inconvénient à ce que les gaz sortent très chauds du gazogène, et le type Siemens sans réaction endothermique vaut le type Dowson.

Si, au contraire, le four est installé de façon à donner le même rendement, à pouvoir calorifique égal, que le gaz lui parvienne froid ou chaud, il n'est pas nécessaire d'abandonner, aux gaz qui sortent du gazogène, une quantité de chaleur qui peut être une proportion importante de la chaleur totale fournie par le combustible.

C'est ainsi que, dans certains gazogènes, notamment les gazogènes à coke, les gaz peuvent sortir entre 800° et 900°.

Et on doit estimer, en ce cas, que le déchet peut atteindre 10 à 15 0/0 de la quantité de chaleur que fournit le combustible.

C'est la source la plus considérable du déchet, au moins avec le coke.

Il faut, en effet, remarquer que la température des gaz à la sortie est tout à fait différente suivant le combustible qui est employé et qu'elle est d'autant moins élevée que ce combustible est plus riche en matières volatiles.

Elle ne dépasse pas 400 à 500° avec les charbons maigres, 300 à 400° avec les charbons bitumineux, et elle s'abaisse tellement, avec d'autres combustibles, que les gaz peuvent sortir à moins de 100° en employant des lignites, de la tourbe ou du bois.

On pourrait croire, dans ces conditions, que, contrairement aux expériences de M. Euchêne, la distillation des combustibles riches en produits volatils nécessite réellement une grande quantité de chaleur et que c'est cette cause qui occasionne ce refroidissement.

C'est bien ainsi que les choses se présentent en pratique, mais il n'en est pas moins vrai que la chaleur de transformation du combustible, composé ternaire de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, en les différents composés qui constituent les produits volatils, soit exothermique.

On peut expliquer plutôt l'abaissement de la température par ce fait que le volume de gaz produit, avec les combustibles riches en produits volatils, est beaucoup plus considérable qu'avec les autres, qu'il y a, notamment, beaucoup de vapeur d'eau, qui se forme en empruntant au combustible sa chaleur de volatilisation.

En tout cas, le fait est là; et il est bien évident qu'il y a d'autant plus lieu, au point de vue du rendement, de récupérer la chaleur entraînée que l'on a à faire à des charbons moins riches en produits volatils, et que, lorsqu'on utilise des anthracites ou des cokes, cette récupération devient d'un très haut intérêt.

Il semble qu'il n'y a guère que deux moyens de l'effectuer,

c'est-à-dire d'utiliser en partie la chaleur entraînée avec les gaz.

L'une consiste à faire passer ces gaz sous le foyer d'une chaudière et à recueillir de la vapeur d'eau pour différents emplois, notamment pour l'alimentation du gazogène lui-même.

L'autre est d'utiliser cette chaleur à chauffer l'air primaire de façon à faire retourner la plus grande partie de ce déchet au gazogène lui-même.

J'ai déjà dit que cela ne pouvait être fait utilement qu'à condition qu'il y ait une réaction endothermique dans le gazogène lui-même, faute de quoi les chaleurs s'ajouteraient à la sortie des gazogènes dont le gaz s'en irait, ainsi, à une température de plus en plus élevée, limitée seulement par la perte aux parois qui augmenterait paralèllement, jusqu'à ce qu'un équilibre s'établisse, sans aucun bénéfice pour le rendement.

Lorsque le gazogène est bien compris, c'est, au contraire, dans l'alimentation que l'économie se manifeste.

Plus l'air primaire et la vapeur, où les gaz brûlés peuvent être introduits à haute température, sont à haute température plus la proportion de vapeur, ou de gaz brûlés, par rapport à l'air introduit, peut être élevée, moins la consommation d'air est grande, pour une même richesse de gaz obtenu, et meilleur est le rendement du gazogène.

RÉCUPÉRATEURS

Les échangeurs de température qui permettent ainsi de recueillir en grande partie la chaleur entraînée par les gaz pour réchauffer l'air primaire, sont de deux espèces différentes :

Dans les uns, la chaleur passe directement des gaz à l'air, au travers d'une paroi; dans les autres, la chaleur est fournie

par les gaz à des corps intermédiaires, parois, débris de coke, gueuses de fonte, etc., qui l'emmagasinent et, dans une période ultérieure, restituent cette chaleur à l'air introduit froid et destiné au gazogène.

Les premiers appareils s'appellent des récupérateurs, et les seconds des régénérateurs.

L'un et l'autre présentent des avantages et des inconvénients. Les récupérateurs peuvent fonctionner dans le même ordre de marche d'une façon constante.

Ils se composent essentiellement de deux caisses, l'une dans laquelle passent les gaz chauds, l'autre dans laquelle circule, en sens contraire, l'air à réchauffer.

Ces deux caisses ont une surface commune par laquelle se fait l'échange de chaleur.

En théorie, si les deux caisses étaient suffisamment grandes, pour que le contact fût très long, par une surface considérable, il est certain que toute la chaleur pourrait passer, des gaz, à l'air primaire.

Il suffirait que des précautions suffisantes soient prises, pour que la perte aux parois soit de très peu d'importance, ce qui est théoriquement possible aussi, si les deux caisses s'enroulent l'une autour de l'autre de façon qu'il ne puisse y avoir d'échange, avec l'extérieur, que par des surfaces relativement froides.

On conçoit donc que l'on peut imaginer un récupérateur parfait. Dans un semblable appareil, les gaz sortiraient à température très voisine de la température extérieure, et l'air s'échaufferait, petit à petit, de façon à atteindre, à l'autre extrémité, une température très voisine de celle que les gaz possèdent à leur sortie du gazogène.

Pour que ceci soit rigoureusement exact, il faudrait que la quantité de chaleur nécessaire, pour refroidir les gaz de 800° par exemple, à 50°, soit précisément celle qu'il faut pour échauffer l'air primaire et la vapeur d'eau ou les gaz brûlés de 15 à 765°, pour obtenir la même différence de température.

La combustion du carbone, en oxyde de carbone, fournit

1 volume de ce gaz, pour un demi-volume d'air, et la combustion de la vapeur d'eau en hydrogène et oxyde de carbone fournit 2 volumes pour 1 volume de vapeur d'eau.

Quand même il y aurait donc une assez forte proportion d'acide carbonique, qui fournit un volume égal à celui de l'air primaire, il y aura toujours, à la même température, un volume plus grand de gaz produit que d'air primaire introduit.

Si l'on admet, par approximation, que la loi de Dulong est exacte, et que la chaleur spécifique ne dépend que du volume des gaz, il y aura donc plus de chaleur disponible dans les gaz du gazogène, entre 800 et 50°, qu'il n'en faut pour chauffer l'air primaire, de 15 à 765°.

On en doit conclure que le rendement d'un récupérateur ne peut pas être absolument de 100 0/0; mais, en même temps, que, si un récupérateur est suffisamment puissant et suffisamment protégé, il doit pouvoir réchauffer l'air primaire à une température très voisine de celle de la sortie des gaz du gazogène.

Dans les gazogènes, les récupérateurs, à l'exclusion des régénérateurs, sont à peu près seuls employés. J'ai signalé quelques-uns de ces appareils, notamment avec le gazogène Fichet et Heurtey, le gazogène Genty et mon propre gazogène à combustion renversée. Je décrirai ci-après un récupérateur spécial de M. Lencauchez.

On n'a pas donné, à mon avis, tout le soin nécessaire au perfectionnement des récupérateurs, pour deux causes :

La première c'est qu'il ne convient pas, dans les gazogènes employés jusqu'ici, de trop réchauffer l'air primaire, parce qu'alors cet air, trop chaud, brûle facilement les grilles.

On n'a pas à craindre un inconvénient semblable, dans les gazogènes à combustion renversée, où il n'y a pas de grille entre l'air et le combustible, et ce n'est pas leur moindre avantage.

D'un autre côté, les récupérateurs ne fonctionnent bien que si la surface de séparation du gaz et de l'air est assez mince

pour que la chaleur la traverse facilement. Mais, d'autre part, comme la pression de l'air primaire est nécessairement supérieure à celle des gaz sortants, il s'en suit que, soit par les joints, soit par les moindres fissures, il y a toujours à craindre qu'il ne se mélange de l'air avec les gaz combustibles, ce qui produirait des mélanges très dangereux de gaz détonnants.

Il y a eu beaucoup d'accidents de ce genre.

Il n'est pas possible d'employer des matériaux réfractaires où les fissures sont fréquentes et ne se revèlent pas d'une façon suffisante.

Si l'on emploie des produits métalliques, il devient très délicat, sinon impossible, d'y faire circuler de l'air à très haute température, sans avoir à craindre une détérioration du métal.

En outre, les gaz qui viennent chauffer l'appareil ne sont pas à une température homogène.

Si l'on évalue en moyenne à 500°, par exemple, la température des gaz qui sortent d'un gazogène à anthracite, il se peut très bien que celle-ci atteigne, par moments, 8 ou 900°, et même plus, si un peu d'air traverse le gazogène et vient brûler le gaz à la sortie.

Dans ces conditions, le métal risque d'être brûlé, sur une face, par l'air et la vapeur d'eau, et d'être fondu, sur l'autre, par la flamme des gaz.

D'autre part, ces inégalités de température donnent, à la dilatation, une importance très considérable, telle que les récupérateurs qui semblent avoir été le mieux étudiés ont été établis de telle façon, que les gaz ne puissent venir atteindre aucun raccordement.

C'est ainsi que, dans les récupérateurs Lencauchez et Genty, l'air passe dans une sorte de tube Field, pour aboutir à une caisse extérieure sans contact avec les gaz et que, dans celui du gazogène Deschamps, l'air est enfermé dans un tube sans soudure dont les raccords sont soustraits à l'action des gaz.

RÉCUPÉRATEUR LENCAUCHEZ

M. Lencauchez a fait breveter une disposition assez originale, qui est représentée aux figures 230 et 231.

Il s'est inspiré de ce principe, qu'il faut faire servir les chaleurs perdues à la sortie des moteurs à gaz, d'une part, à échauffer l'air, d'autre part, de l'air mélangé de vapeur et qu'en même temps il faut rester constamment maître de la proportion de vapeur ainsi introduite.

Son récupérateur, comme presque tous les récupérateurs, est tubulaire. Les gaz brûlés entrent par le haut, suivant les flèches, traversent les tubes, de haut en bas, et sortent par la conduite.

L'air est introduit, par une conduite horizontale, qui se divise en deux parties 19 et 20, aboutissant dans les deux moitiés de la chambre cylindrique séparée par une cloison médiane que traversent les tubes verticaux. Dans l'une des moitiés, les gaz s'échauffent simplement au contact des tubes, aboutissent ensuite, par la tubulure 21, dans le sommet d'une caisse où ils seront conduits au gazogène par la tubulure 24, après s'être mélangés avec l'air humide.

L'autre moitié du vent aboutit, par la tubulure 19, environ à 30 centimètres au-dessus du fond, qui est rempli d'eau chaude, qui s'écoule par un siphon. Après s'être ainsi légèrement chargé de vapeur, l'air s'échauffe, sort par le haut de l'appareil, traverse la conduite 22 qui l'amène en bas d'un saturateur 23, où est disposée une couche de grésillon constamment arrosée par un distributeur denté 25.

En traversant ainsi le grésillon, l'air se sature de vapeur et, pour qu'il se refroidisse le moins possible, on envoie, de

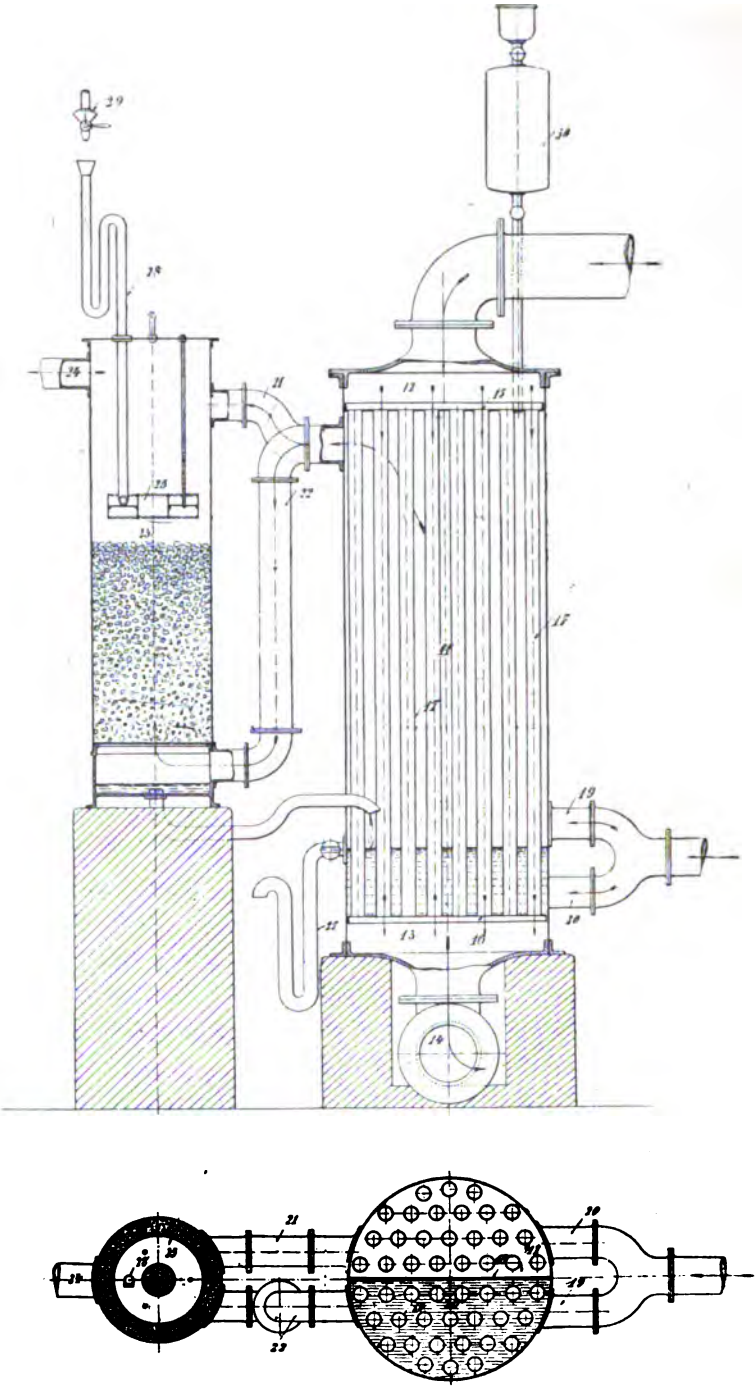


Fig 230 et 231. — Récupérateur Lencauchez, pour les chaleurs perdues des moteurs à gaz.

préférence, dans cet appareil, l'eau qui sort entre 60 et 80° de la chemise du moteur.

Néanmoins cet appareil ne doit pas produire un échauffement bien considérable, et je serais étonné que le mélange d'air et de vapeur en sorte à plus de 100° et ne se condense pas, en partie, dans la conduite qui l'amènera au gazogène.

Décidément, il est bien difficile de retirer un effet utile des chaleurs perdues par l'échappement des moteurs à gaz. C'est d'autant plus fâcheux que cette quantité de chaleur est très considérable.

M. Lencauchez signale encore que son appareil peut être utilisé, dans différentes usines, pour récupérer, en partie, les chaleurs entraînées par des fumées, notamment, dans les aciéries, pour les fumées des fours Martin.

RÉGÉNÉRATEURS

Si les récupérateurs sont presque uniquement employés dans les gazogènes, les régénérateurs sont employés de préférence pour utiliser la chaleur emportée par les gaz brûlés des fours, à réchauffer l'air secondaire et souvent aussi le gaz.

Ce n'est pas sortir du sujet que d'en dire quelques mots.

Il est, en effet, très important de montrer qu'avec de bons régénérateurs, on peut réchauffer suffisamment l'air secondaire et le gaz du gazogène, en les introduisant dans un four, de façon à ne pas avoir besoin d'amener le gaz du gazogène à haute température, jusqu'au four.

Les conséquences sont très importantes.

D'une part, cela permet d'utiliser la chaleur des gaz du gazogène à réchauffer l'air primaire, comme je viens de l'indiquer ci-dessus, avec une grande économie dans le rendement; d'autre part, si l'on a fait cette récupération, le gaz a été

refroidi, et il y a, à cela, plusieurs avantages considérables.

Il est d'abord nécessaire de refroidir le gaz, si l'on veut l'épurer tant des poussières que des goudrons qu'il contient, et le débarrasser, avec avantage, de la vapeur d'eau qu'il entraîne.

Tous les appareils d'épuration ne peuvent fonctionner qu'avec le gaz refroidi ou bien sont eux-mêmes des laveurs et refroidisseurs.

Une autre raison, c'est que, pour qu'une installation soit économique, et bien comprise, il convient d'avoir le moins grand nombre possible d'installations de gazogènes dans une usine.

Il semblerait même désirable que tous ces appareils soient du même modèle, réunis en un seul groupe, à la gare d'arrivée des combustibles et que le gaz puisse être distribué par une canalisation aux différents fours et aux différents moteurs de l'usine.

Cela ne peut se faire sans déchets que si le gaz est froid et, en ce cas, cela constitue une solution parfaite du transport de l'énergie, sans dépense appréciable.

Notamment pour la force motrice, on conçoit très bien que, s'il faut fournir de la puissance dans différents bâtiments isolés, on puisse grouper ensemble les différents gazogènes, et installer, dans chaque bâtiment, la puissance motrice par moteurs à gaz qui est nécessaire, pour les besoins du service.

Par un raisonnement analogue, à celui que je viens de faire pour les récupérateurs, on peut voir que les régénérateurs ne peuvent pas fournir, par les gaz brûlés, une quantité de chaleur suffisante, pour réchauffer les gaz et l'air secondaire, d'un même écart de température que celui qu'ils supportent.

En effet, 1 volume d'oxyde de carbone et 1/2 volume d'oxygène ne donnent que 1 volume d'acide carbonique, et, de même, 1 volume d'hydrogène et 1/2 volume d'oxygène ne donnent que 1 volume de vapeur d'eau, de sorte qu'il y a contraction et que, en admettant toujours la loi de Dulong, la régénération ne peut pas être parfaite en théorie.

En pratique, elle est très voisine de la perfection.

Je ne décrirai ici, aucun régénérateur. Il y en a de représentés avec divers gazogènes.

Je dirai seulement qu'ils se composent de vastes chambres, où des empilages de briques sont établis de façon que les gaz brûlés les traversent pendant un temps suffisant, élèvent la température de ces corps qui constituent un puissant volant de chaleur.

Cette opération dure un temps assez long et, lorsque la température est suffisamment établie, on renverse la marche, de telle façon que les gaz vont réchauffer une autre chambre et que les produits, dont il faut élever la température, air secondaire ou gaz de gazogène, sont envoyés en sens contraire, et traversent tous ces empilages en s'échauffant petit à petit.

Pour que les régénérateurs fonctionnent d'une façon suffisamment parfaite, il faut qu'ils soient calculés de façon à ce que la chaleur qu'ils emmagasinent soit de 8 à 10 fois supérieure à celle qu'ils reçoivent, ou recèdent, à chaque période.

Il faut qu'ils soient très vastes et très bien protégés de façon à ce que le mouvement de l'air et des gaz y soit très lent, et que, par les parois, les pertes de chaleur soient très petites.

Siemens, qui les a surtout fait connaître, les plaçait généralement au-dessous du four et enfouis dans le sol. C'est une disposition extrêmement recommandable.

L'inconvénient des régénérateurs par rapport aux récupérateurs, c'est que ces appareils sont à mouvement intermittent et nécessitent la mise en marche de vannes, pour intervertir l'ordre des courants de gaz et d'air.

Les empilages des régénérateurs se font habituellement en briques.

Il m'a semblé intéressant d'examiner s'il ne conviendrait pas de les faire avec des gueuses de fonte, là où la fonte brute est bon marché, et où les températures ne sont pas telles que l'on doive craindre qu'elle soit détériorée.

J'ai représenté, ci-dessous, un tableau où sont figurés les densités, le pouvoir calorifique, et le produit de ces deux coef-

ficients qui me donnent donc la quantité de chaleur que peut emmagasiner l'unité de volume pour la brique, le bronze, la fonte et le fer.

	Densité.	Pouvoir calorifique.	Produit.
Briques.....	1,60	0,189	0,275
Bronze.....	8,5	0,951	0,808
Fonte.....	7,2	0,13	0,935
Fer et acier...	7,7	0,113	0,875

On voit, en examinant ces chiffres, qu'à égalité de volume, la fonte est beaucoup plus avantageuse que la brique, puisqu'avec des gueuses de fonte, on peut emmagasiner plus du triple de la quantité de chaleur que l'on retiendrait dans un volume égal de briques.

CHAPITRE XV

APPLICATION DES GAZOGÈNES A LA PRODUCTION DE LA FORCE MOTRICE

Je n'ai pas, ici, le loisir de donner des détails très complets sur les différentes applications des gazogènes.

Aussi, pour montrer combien l'emploi de ces générateurs, pour la production de la force motrice, se développe et permet des solutions élégantes, j'ai choisi la description, très sommaire, de trois installations, aussi différentes que possible.

Je n'entrerai pas dans le détail de ces installations, laissant au lecteur le soin de se rapporter surtout aux figures qui les accompagnent.

Je montrerai, d'une part, l'application des moteurs à gaz, à l'élévation des eaux de la ville de Bâle.

Dans ce cas, les moteurs commandent directement, par courroie, les machines qui, en l'espèce, sont des pompes.

L'autre application, que je signalerai, est relative aussi à un service public : il s'agit des Tramways de Barcelone, où des moteurs à gaz commandent des dynamos, pour fournir du courant continu.

Enfin, je donnerai les dessins de l'usine des produits céramiques d'Embrach, où cinq moteurs à gaz commandent des alternateurs triphasés, en parallèle, pour fournir la force motrice nécessaire aux besoins d'une usine.

Ce sont, en somme, les trois cas les plus généraux qui

peuvent se présenter, et les trois solutions que j'ai signalées semblent, toutes les trois, avoir donné une satisfaction parfaite.

En choisissant ces trois installations, je n'ai, en aucune façon, entendu les indiquer comme étant les trois installations les plus parfaites.

ÉLÉVATION DES EAUX DE LA VILLE DE BALE

L'installation des moteurs à gaz pour l'élévation des eaux de Bâle date de 1894.

La ville de Bâle produit, elle-même, son gaz de ville. Elle fait donc elle-même du coke, et il est tout indiqué que ce soit ce combustible qu'elle choisisse pour alimenter les moteurs qu'elle emploie.

A côté d'une installation par machine à vapeur, la Gasmotoren-Fabrik de Deutz a fourni, en 1894, une pompe commandée par courroie, par un moteur à gaz.

Les résultats ont été extrêmement avantageux ; aussi cette usine a-t-elle été augmentée, depuis, par un second groupe de pompe et de moteur à gaz.

Le rendement de l'installation a été particulièrement remarquable.

En relevant, en effet, ce qui a été consommé à Bâle, non pas dans un essai de dix heures, comme on le fait habituellement pour les machines à vapeur, mais dans une période de deux ans et demi, la consommation de coke par cheval-heure, en comptant tout ce qu'il a à dépenser, y compris même le chauffage de l'usine à gaz, n'a pas dépassé 750 grammes de coke, par cheval-heure, en comptant, dans cette évaluation, le travail fourni par la quantité d'eau montée et la hauteur d'élévation, corrigée du rendement de la pompe, et en supportant, par conséquent, toutes les pertes occasionnées par les arrêts, la marche à charge réduite, etc...

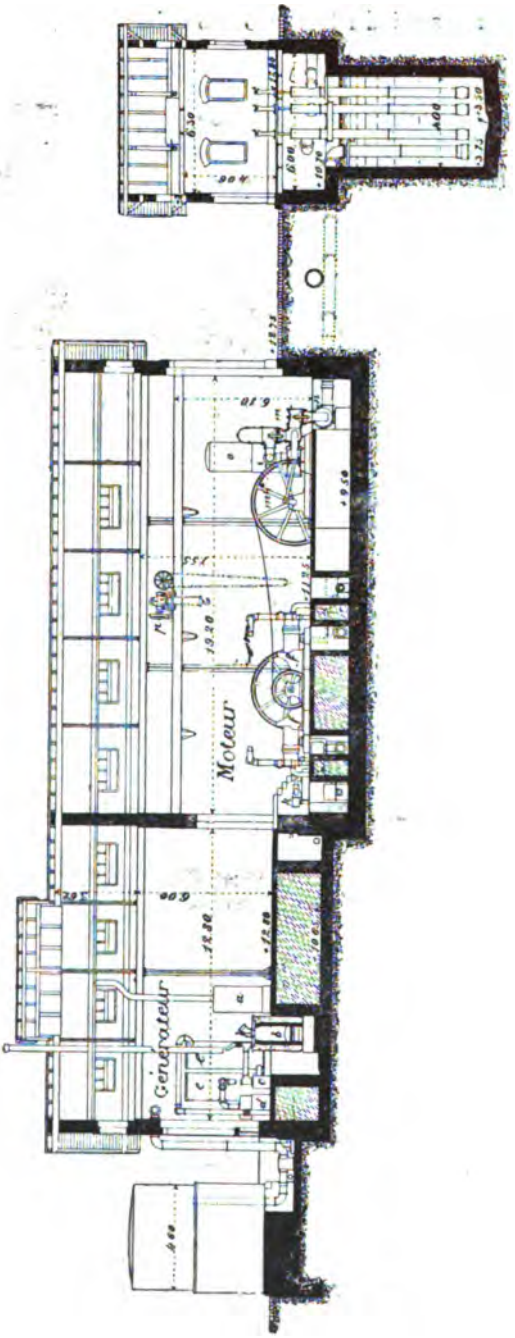


FIG. 232. — Coupe de l'usine élévatoire des eaux de Bâle.

Les gazogènes sont du type Dowson, le plus simple. Ils sont

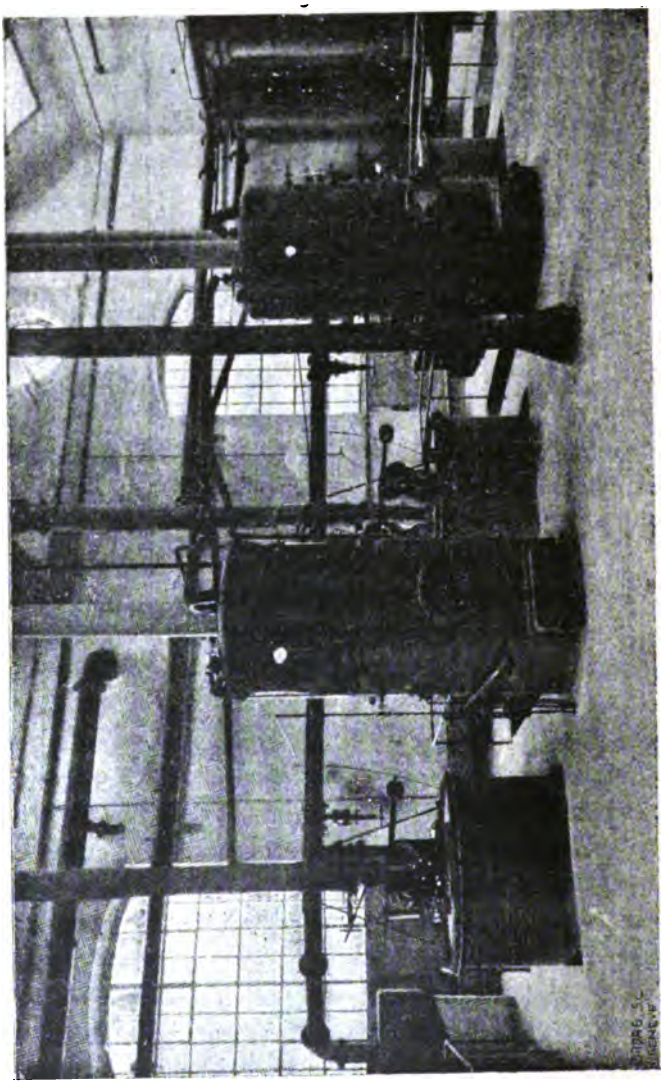


Fig. 233. — Élévation des eaux de la ville de Bâle.
Salle des gazogènes.

représentés dans la figure 232, en *b*, et reçoivent la vapeur, qui leur est envoyée par la chaudière *a*.

Les appareils d'épuration sont réduits à la plus extrême simplicité.

Ils se composent d'abord, pour chaque gazogène, d'un pot formant joint hydraulique, où vient aboutir le gaz à sa sortie des gazogènes.

A la suite de cet appareil indispensable, est installé, en *d*, un filtre, comme ceux qui ont été décrits avec le gazogène Dowson, se composant d'une caisse à tiroir, séparée par une cloison, de façon que le gaz descende d'un côté et monte de l'autre, après avoir traversé la matière filtrante.

A Bâle, ces appareils sont uniquement remplis de petit coke. Il suffit à retenir les poussières entraînées, et les gaz, à la sortie de ces nettoyeurs, viennent traverser un grand scrubber, dans lequel on ne met même plus de coke, mais où l'on fait simplement tomber une pluie d'eau qui refroidit le gaz.

Celui-ci est ensuite envoyé au gazomètre et, de là, au moteur.

Ce qui est particulièrement intéressant, dans cette installation et est, en quelque sorte, un trait caractéristique des installations bien faites, c'est le grand développement donné aux conduites et le très grand nombre de vannes et de by-pass, qui permettent d'isoler, un à un, tous les appareils, de pouvoir, en cas de besoin, renvoyer le gaz directement des scrubbers aux moteurs, sans traverser le gazomètre, de pouvoir isoler un scrubber, un nettoyeur, ou chacun des trois gazogènes.

Tous les appareils, même les chaudières, sont, au moins, en double, et, dans ces conditions, il n'y a pas de probabilité que le gaz puisse faire défaut au moteur, ou que la mauvaise marche de l'un des appareils puisse gêner l'exploitation.

THONWAREN FABRIK-EMBRACH (SUISSE)

Dans cette usine, ce qu'il faut encore remarquer, c'est la disposition de l'installation générale et surtout des conduites

de gaz, tant entre les appareils qui y servent à la fabrication du gaz, qu'entre ceux-ci et les moteurs à gaz et le départ des gaz brûlés.

On emploie, dans ces gazogènes, qui ont été fournis, ainsi que les moteurs et toute l'installation, par la Société suisse pour la construction de locomotives et de machines de Winterthur, du coke ou de l'anthracite.

Les gazogènes sont semblables aux appareils que je viens de signaler pour Bâle. Ce sont de simples gazogènes Dowson, et les appareils d'épuration se composent de pots d'échappement, de filtres et de scrubbers.

Un perfectionnement, que j'ai déjà signalé, et qui est visible sur la figure, est constitué par l'enveloppe qui accompagne la sortie des gaz et qui permet, à l'air appelé au gazogène, de s'échauffer autour de cette tubulure.

On voit, dans la figure, trois gazogènes, munis chacun d'une cheminée pour la marche en veilleuse et aboutissant au toit.

Ces appareils sont placés en fosse et disposés de façon à ce que le décrassage se fasse en travers, dans le fond de la fosse, et que le chargement se fasse au-dessus du sol.

Le gaz sort, à 1 mètre environ au-dessus du sol, par des conduites horizontales qui se recourbent et vont plonger dans des pots cylindriques qui forment joints hydrauliques.

Ces trois pots communiquent, entre eux, par une tubulure munie de quatre vannes et dans l'intervalle, entre les vannes, sont réunies, d'équerre, d'autres conduites munies de tampon de visite et aboutissant dans deux filtres habituellement chargés de grésillon et de sciure de bois, qui fournissent une première épuration.

Les gaz, entrant ainsi par une extrémité de ces filtres, ressortent à l'autre extrémité et aboutissent à deux scrubbers, d'où ils sortent par des conduites commandées par des vannes, et qui se réunissent pour former la conduite unique, laquelle aboutit enfin au gazomètre, ainsi qu'il est visible dans la figure.

Le gaz qui est sorti du scrubber à 6 mètres de hauteur

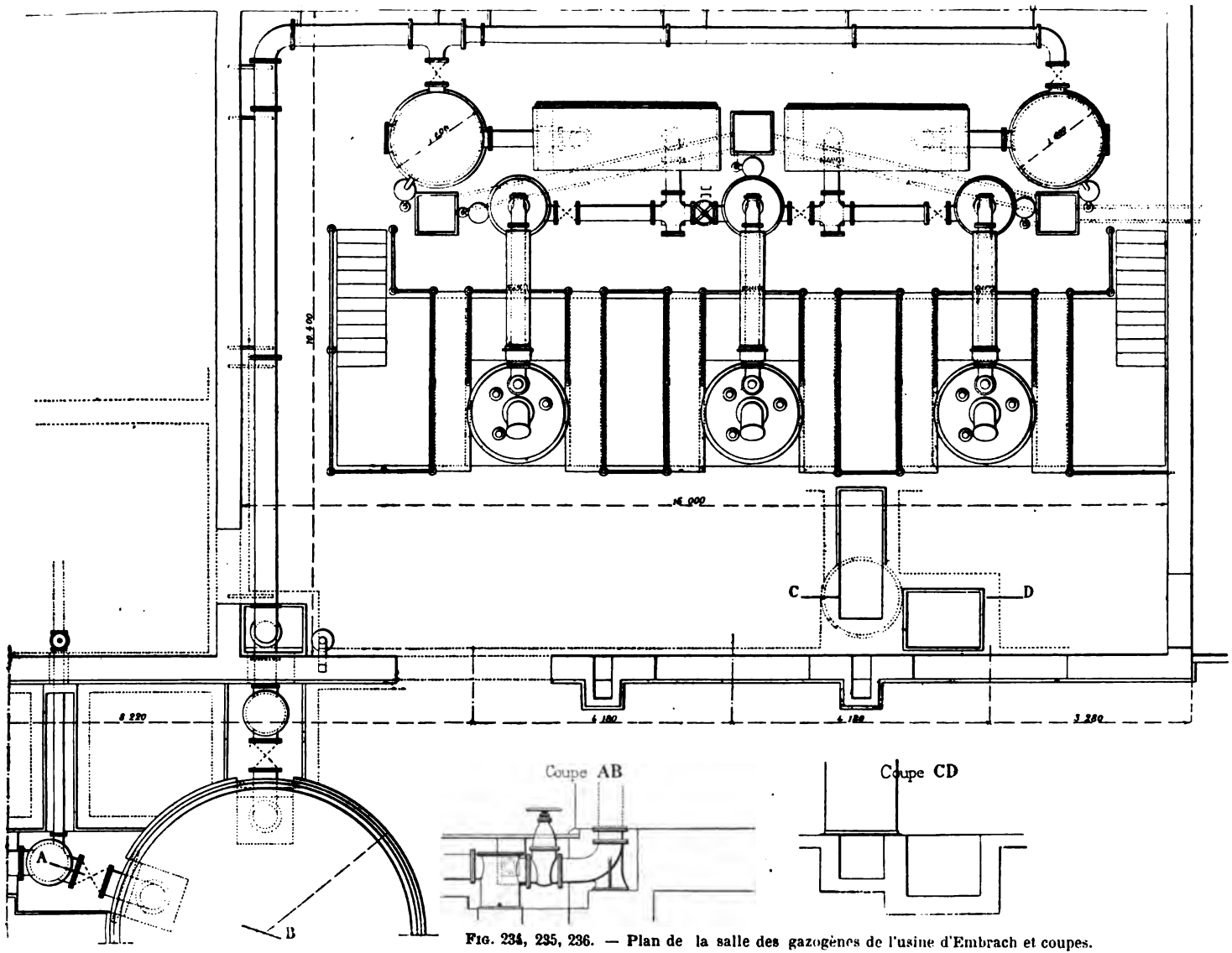


Fig. 234, 235, 236. — Plan de la salle des gazogènes de l'usine d'Embrach et coupes.

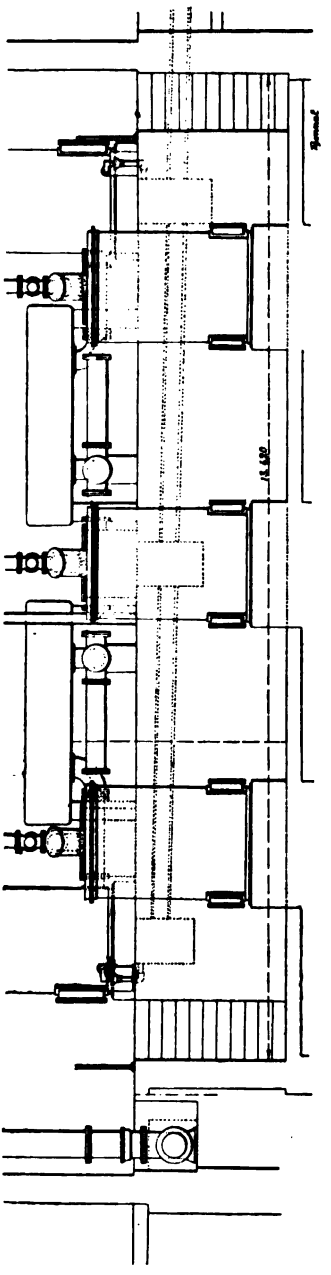


FIG. 237. — Usine d'Embrach. Vue de face des trois gazogènes.

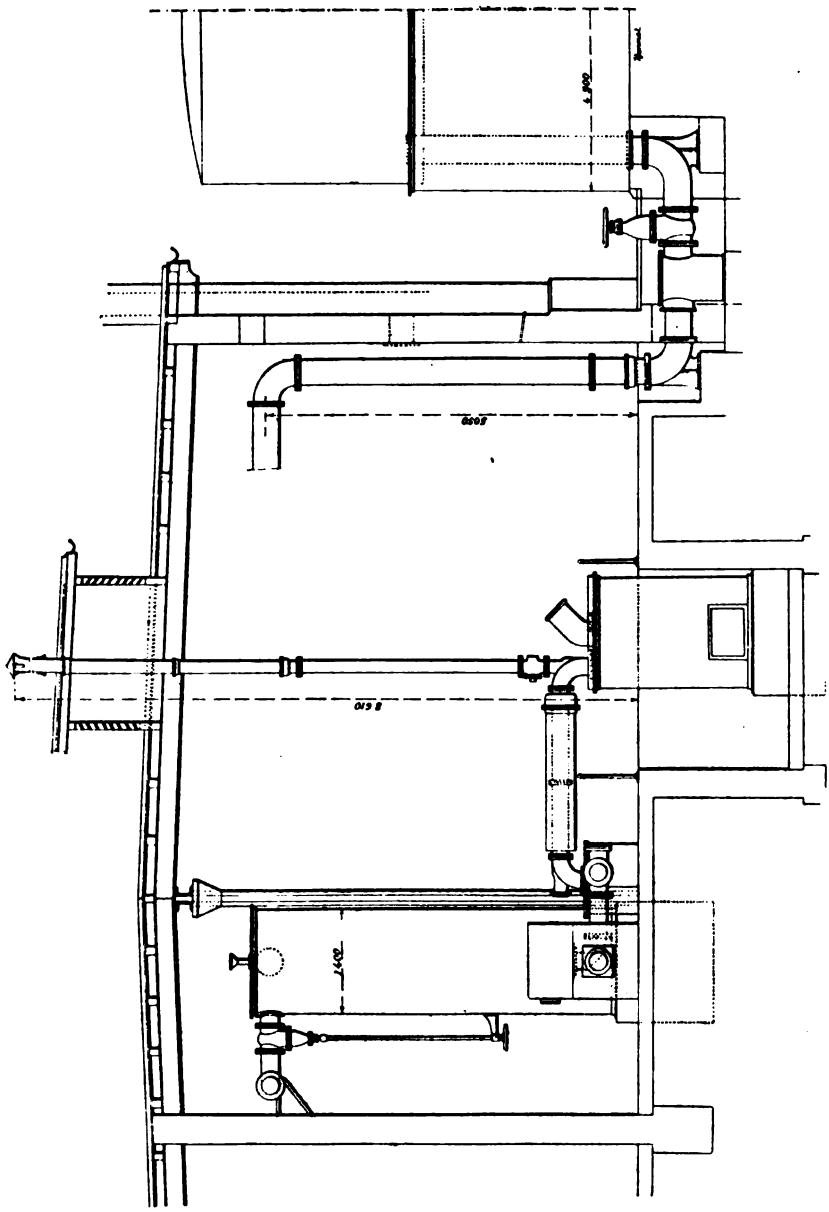


FIG. 238. — Coupe en travers de la salle des gazogènes.

environ, devant pénétrer dans le gazomètre par sa partie inférieure, traverse d'abord un pot où il peut déposer les poussières ou l'eau qui s'est condensée, ainsi qu'il est visible dans la figure en élévation.

Une chaudière, représentée en CD, suffit à alimenter les trois gazogènes.

Une figure spéciale montre l'élévation de ceux-ci vus dans leur fosse et permet de se rendre compte de la facilité avec laquelle ils peuvent être décrassés.

On voit aussi, dans cette figure, en pointillé, la projection de la coupe des bassins dans lesquels viennent aboutir les eaux de condensation et celles qui ont servi au lavage des joints hydrauliques et des scrubbers et la conduite qui réunit ces bassins et entraîne ces eaux sales, en dehors de la salle des machines.

On voit enfin, en AB, la conduite de départ des gaz du gazomètre avec une vanne et un pot analogue aux dispositions qui figurent à l'entrée.

Dans cette installation, on remarque encore l'abondance des vannes et la facilité qu'il y a de mettre hors de service l'un des deux systèmes d'épuration, filtre et scrubber, en faisant fonctionner l'autre avec les trois gazogènes, ou n'importe lequel des trois.

Les quatre moteurs alimentés par ces gazogènes commandent des dynamos triphasées qui sont très facilement mises en parallèle, et il semble qu'il n'y a aucune difficulté à mettre en marche, ou retirer du service l'un ou l'autre de ces appareils.

Les gazogènes sont, en tous cas, parfaitement indépendants des moteurs.

On me communique le tableau ci-joint que fournit le relevé des consommations d'anthracite pendant onze mois :

. INSTALLATION DE L'USINE D'EMBRACH

comprenant 3 moteurs Winterthur de 100 chevaux effectifs et 1 moteur Winterthur de 40 chevaux

Consommation de combustible en marche industrielle du 1er juin 1901 au 1er mai 1902
d'après les Rapports journaliers

	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL
Travail moyen fourni en chevaux effectifs :	chevaux	chevaux	chevaux	chevaux	chevaux	chevaux	chevaux	chevaux	chevaux	chevaux	chevaux
Moteur n° 1	57,5	50,6	53,6	54,5	55,2	53,6	65,4	58.1	65,1	66,7	67,8
Moteur n° 2	58,9	51,7	53,9	54,5	56,5	59,1	62,2	65,1	65,8	60,6	67,8
Moteur n° 3	55,1	52,4	53,6	54,2	56,5	60,8	65,0	64,8	66,7	66,6	67,6
Moteur n° 4	52,3	38,4	53,6	»	30	28,8	27,5	34,2	35,6	36,2	38,5
Travail total fourni en chevaux-heure effectifs.....	32.990	34.412	35.386	33.560	38.860	39.620	4 0 .785	42.600	41.620	40.565	43.638
Consommations :											
Totale de combustibles...	18.638k	17.187k	18.136k	17.040k	18.691k	18.960k	18.760k	18.917k	18.240k	17.877k	19.401k
Par kilowatt-heure	0k,893	0k,795	0k,810	0k,802	0k,760	0k,759	0k,725	0k,686	0k,691	0k,697	0k,705
Par cheval-heure effectif.	0 566	0 500	0 514	0 508	0 482	0 479	0 460	0 445	0 438	0 440	0 445

Les quatre moteurs commandent des alternateurs triphasés. — Le calcul a été fait pour le travail en admettant les coefficients suivants :

$\cos\varphi = 0{,}7$ pour les 3 alternateurs de 100 chevaux alimentant des électromoteurs;
$\cos\varphi = 0{,}8$ pour l'alternateur de 40 chevaux alimentant des lampes;

Un rendement de 0,86 y compris la courroie, pour les alternateurs;

La puissance en chevaux est donc :

$$\frac{\text{ampères} \times \text{volts} \times \sqrt{3} \times \cos\varphi}{736 \times 0{,}86}.$$

TRAMWAYS DE BARCELONE

Cette installation est tout à fait différente des deux précédentes que j'ai signalées.

Les gazogènes et les récupérateurs sont encore en fosse; ces appareils, ainsi que les chaudières, sont abrités dans un bâtiment; mais les tuyaux d'orgues, intitulés refroidisseurs, et les scrubbers, appelés condenseurs et laveurs, sont, au contraire, placés dehors.

Ce sont ces appareils qui font le plus gros ouvrage du nettoyage des gaz, et ceux-ci ne parviennent aux filtres épurateurs, qui sont placés à l'abri, que pour que l'épuration soit parachevée.

Il est certain que, lorsque l'on n'a pas affaire à du coke, mais à des combustibles dont l'épuration demande quelques soins, il est beaucoup plus logique de refroidir d'abord les gaz et de les nettoyer dans un courant d'eau avec des tuyaux d'orgues et des scrubbers, avant de les envoyer dans la sciure de bois qui, autrement, serait rapidement hors d'état de servir.

L'usine a été établie pour alimenter la ligne Barcelone-Horta, la ligne Barcelone-San-Andrès, actuellement en transformation, et quelques lignes nouvelles projetées. Elle est située à faible distance de la première de ces lignes.

La grande économie de combustible réalisée par les moteurs à gaz pauvre sur les machines à vapeur, a décidé la Société générale d'entreprise et de travaux à établir une usine à gaz pauvre dont l'installation a été confiée à la maison Fichet et Heurtey, de Paris.

Celle-ci comprend trois gazogènes de 200 chevaux chacun,

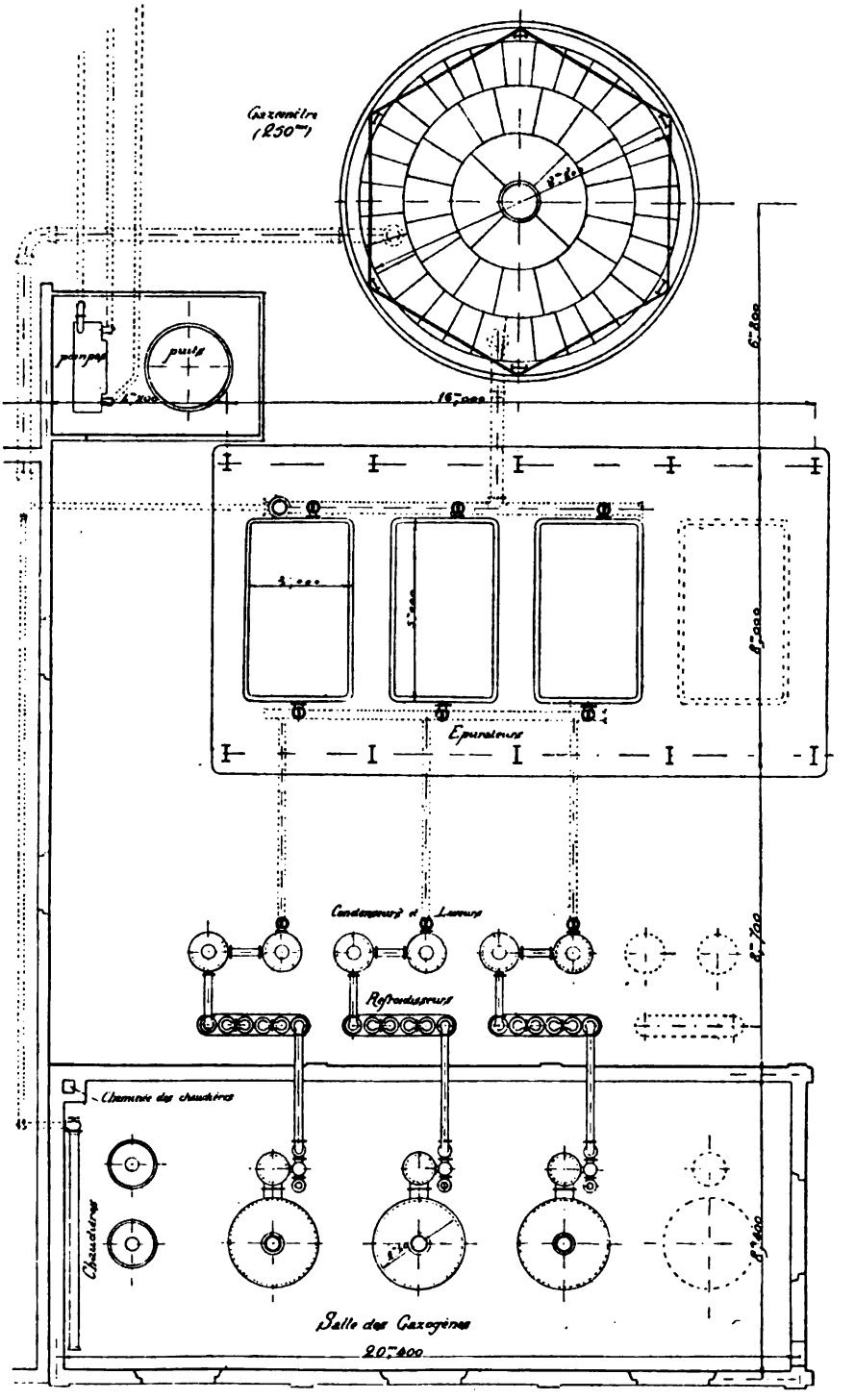


FIG. 239. — Usine des Tramways de Barcelone. Plan de l'installation des gazogènes.

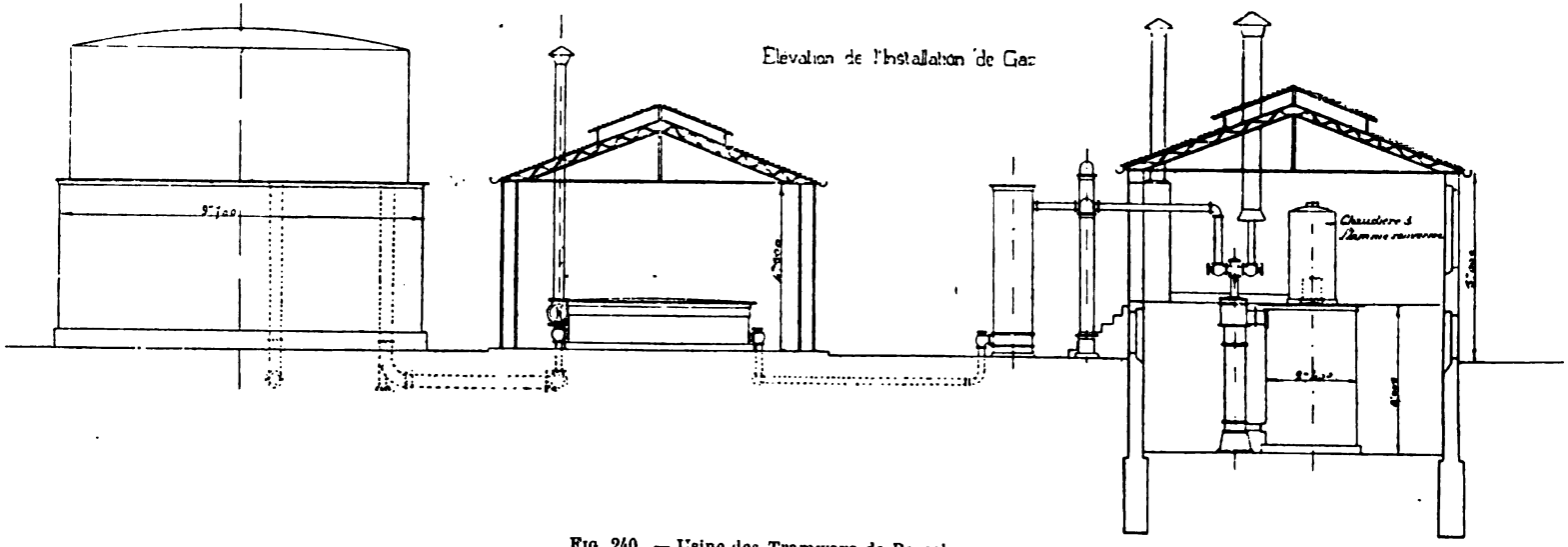


Fig. 240. — Usine des Tramways de Barcelone.

à sole tournante, et un gazomètre de 250 mètres cubes. La vapeur destinée au soufflage des gazogènes est fournie par une chaudière à combustion renversée, chauffée au gaz.

Les moteurs à gaz sont au nombre de trois : deux de 165 chevaux chacun à 180 tours et un de 300 chevaux à 150 tours. Ils sont du système Crossley, à deux cylindres opposés; ils commandent, par un accouplement à cordes, des dynamos, systèmes Thury, construites par l'Industria Electrica de Barcelone, de 110 et 200 kilowatts, fournissant le courant sous 550 volts. Un survolteur formé de deux dynamos indépendantes de 40 kilowatts, accouplées, permet d'effectuer la charge complète des accumulateurs.

Le tableau comprend les appareils ordinaires, rhéostats d'excitation, ampèremètres, voltmètres, disjoncteurs, compteurs, etc.

La batterie d'accumulateurs Tudor comprend 260 éléments de 425 ampères-heures de capacité; elle est installée dans un bâtiment voisin très aéré. L'eau de refroidissement des moteurs, venant d'un réservoir placé sur le toit des bâtiments, est recueillie dans un bassin en ciment armé de 50 mètres carrés de superficie. Une pompe rotative, commandée par un moteur électrique, aspire cette eau et la pulvérise par douze tuyères disposées au-dessus du bassin. Une autre pompe, commandée par le même moteur électrique, refoule l'eau froide dans le réservoir. On peut ainsi utiliser toujours la même eau.

Pour compenser les pertes dues à l'évaporation, on a creusé un puits de 18 mètres de profondeur d'où l'on pompe l'eau nécessaire, par une pompe électrique à trois corps.

Ce service d'eau est installé dans un bâtiment spécial à proximité de la salle des machines.

L'usine comprend, en outre, un grand atelier de réparation avec outillage complet, une remise à voiture, un dépôt de charbon couvert pouvant contenir 800 tonnes et un bâtiment pour les bureaux et le logement du chef de l'usine.

Pendant la période transitoire de transformation de la ligne Barcelone-San-Andrès, la puissance exigée par le trafic de la

ligne de Horta est de 110 à 120 chevaux, ce qui fait que le moteur à gaz ne fournit, pour le moment, que les deux tiers de sa force. Malgré ces conditions défavorables, la consommation de charbon comptée sur plusieurs mois de service est, paraît-il, inférieure à 1 kilogramme par kilowatt aux bornes du tableau, y compris le charbon consommé pendant les heures d'arrêt et sans aucune déduction des cendres.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

Pages.

La définition, l'utilité et la variété des gazogènes 1

CHAPITRE II

La Combustion 18

CHAPITRE III

Les Combustibles 28

CHAPITRE IV

La gazéification des Combustibles 37
La Combustion renversée 40
Gazogènes à deux cuves 45

CHAPITRE V

Le pouvoir calorifique 47

CHAPITRE VI

Les appareils de distillation 61
Gazogène Riché à distillation renversée 66
Gazogène Densmore 76

CHAPITRE VII

Les gazogènes dits de gaz à l'eau 79
Gazogène Guénot 88

Pages.
Gazogène Dellwik-Fleischer..... 95
Gazogène Slocum..... 104
Gazogène Blass..... 107
Gazogène Tessier du Motay..... 108
Gazogène Strong..... 111
Gazogène Goodyear..... 112
Gazogène Lowe..... 114
Gazogène Strache..... 117
Gazogène Humphrey et Glascow..... 125
Gazogène Pintsch..... 127
Gazogène Kramers et Aarts..... 128

CHAPITRE VIII

Les gazogènes Siemens..... 133

CHAPITRE IX

Les gazogènes Dowson..... 154
Gazogène Dowson..... 160
Gazogène Pierson..... 167
Gazogène Tangye..... 173
Gazogène Duplex..... 176
Gazogène Letombe..... 181
Gazogène Rex..... 183
Gazogène Wilson..... 187
Gazogène Fichet et Heurtey..... 190
Gazogène Kitson..... 196
Gazogène Forter..... 200
Gazogène Wood..... 201
Gazogène Talbot..... 204
Gazogène Pœtter..... 205
Nouveau gazogène Crossley et Atkinson..... 208
Gazogène Bénier..... 211
Gazogène Taylor et Cie..... 214
Gazogène Inchauspé..... 224
Gazogène Viarmé..... 225
Gazogène Hille..... 226
Gazogènes Lencauchez..... 230
Gazogène Genty..... 242
Nouveau gazogène Genty..... 246
Gazogène de la Lindes Eis Maschinen Gesellschaft..... 254
Gazogène Gardie..... 258

CHAPITRE X

Pages.

Les Gazogènes à combustion renversée 271
Gazogène Loomis 276
Gazogènes Albert Putsch 278
Gazogène Dauber 284
Gazogène « système Faugé » 287
Nouveau gazogène Fichet et Heurtey 293
Gazogène à combustion renversée Kitson 295
Gazogène à combustion renversée Deschamps 300
Gazogène de la Société anonyme pour la production et l'emploi de la vapeur surchauffée 306

CHAPITRE XI

Les gazogènes à deux cuves 309
Gazogènes Thwaite 309
Gazogène Baldauff 325
Nouveau gazogène Riché 329
Nouveau gazogène Dowson 335

CHAPITRE XII

Les gazogènes spéciaux 338
Gazogène Mond 341
Gazogène Duff 351

CHAPITRE XIII

Les appareils auxiliaires 354
Chargeur Bildt 356
Fermeture hermétique Douge 360
Chaudière Lencauchez 365
Joint hydraulique 368
Épurateurs. Refroidisseurs 370
Scrubbers 370
Scrubber Lencauchez 372
Épurateur-laveur-échangeur Crossley et Atkinson 374
Tuyaux d'orgue 379
Épurateur à chocs Lencauchez 384
Épurateur centrifuge Letombe 388
Épurateur centrifuge Crossley et Atkinson 389
Épurateur centrifuge Saltar 391
Conduites et vannes 395
Gazomètres 397

CHAPITRE XIV

Pages.

Récupérateurs et régénérateurs 398
Récupérateurs 403
Récupérateur Lencauchez 407
Régénérateurs 409

CHAPITRE XV

Application des gazogènes à la production de la force motrice 413
Élévation des eaux de la ville de Bâle 414
Thonwaren Fabrik Embrach (Suisse) 417
Tramways de Barcelone 424

TOURS, IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

8908967792b

B89089677926A

89089677926

b89089677926a